



**Pedro Miguel Costa  
Ferreira de Matos**

**Gestão da Mobilidade para Pequenas e Médias  
Empresas de Transporte**





**Pedro Miguel Costa  
Ferreira de Matos**

**Gestão da Mobilidade para Pequenas e Médias  
Empresas de Transporte**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro



Dedico este trabalho aos meus pais por todo o apoio e incentivo incansável.



## **O júri**

Presidente

**Prof. Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo**  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Orientador

**Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho**  
Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Arguente

**Doutora Oxana Anatolievna Tchepel**  
Investigadora auxiliar do CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar da Universidade de Aveiro





## **agradecimentos**

Aos meus pais e irmã por toda a paciência, motivação e apoio demonstrado durante o meu percurso académico, que durante a realização desta Dissertação foi ainda mais evidente.

À Professora Doutora Margarida Coelho pela sua orientação, disponibilidade e insistência que tornaram possível este trabalho.

Aos meus bons amigos por todos os momentos que passamos juntos e pelo apoio prestado.



## palavras-chave

Consumo de combustível, emissões poluentes, base de dados, frotas, transporte de mercadorias.

## resumo

A actividade dos transportes rodoviários de mercadorias aumentou cerca de 45% na última década, com o conseqüente crescimento das frotas de veículos para fazer face a essa procura. Este facto origina que as frotas de veículos de mercadorias tenham um peso significativo no consumo de combustíveis fósseis e na emissão de gases poluentes.

Apesar de se observar uma redução significativa das emissões de poluentes locais no sector dos transportes rodoviários, devido à implementação de normas de restrição de emissões, existe ainda um potencial elevado de poupança de energia neste sector.

Com o presente trabalho pretende-se facilitar a tarefa dos gestores de frotas das empresas de transporte de mercadorias, recorrendo ao programa informático GesFleet, desenvolvido no âmbito desta Dissertação.

Através da utilização deste *software* são facilmente recolhidas informações referentes ao consumo de combustível e às emissões de gases poluentes, ajudando não só a escolher o veículo mais económico e menos poluente para um determinado trajecto, mas também a mostrar os consumos e emissões globais da empresa durante um determinado período.

O caso de estudo desta Dissertação foi a empresa João Alberto Matos, Lda, que se dedica ao serviço de pronto-socorro tendo na sua frota 21 veículos englobados em três categorias, ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias e pesados de mercadorias. Todos os registos de consumos e quilómetros efectuados pelos veículos da empresa, entre os anos de 2006 e 2009, depois de analisados deram origem à construção de uma base de dados referente à frota da empresa. Foi também carregada na base de dados informação generalizada referente a veículos ligeiros e pesados desde 1992 de modo a que este programa possa ser utilizado em qualquer frota automóvel.

A análise dos dados obtidos pelo *software* desenvolvido permite concluir que os melhores resultados são obtidos pelos veículos com motor de norma EURO mais recente. Também a partir da análise dos resultados do *software* GesFleet conclui-se que a simulação mais real utiliza a carga de 100% e o declive da estrada de 2%.

Com a política de renovação da frota, a empresa João Alberto Matos, Lda conseguiu reduzir num ano o consumo de combustível em 7830 litros e as emissões de CO<sub>2</sub> em 3,98 toneladas, as de CO em 288 kg, de NO<sub>x</sub> em 555 kg, de VOC em 124 kg e as de PM em 53 kg.



**keywords**

Fuel consumption, pollutant emissions, database, fleet, freight transport.

**abstract**

Road transport of goods increased around 45% in the last decade with a consequent increase of the vehicle fleets in order to accomplish that demand. This means that the vehicle fleets have a significant weight in the consumption of fossil fuels and greenhouse emissions.

Despite there has been a significant reduction of local pollutants in the road transport sector, because of the implementation of restricted emission standards, this sector still has a high potential of energy savings.

The main objective of this Thesis was to develop the computer program GesFleet, in order to help the fleet managers to reduce the energy use of their vehicles.

By the use of this software information can be easily obtained regarding fuel consumption and greenhouse gases emissions, not only helping to choose the most economic and less pollutant vehicle but also to show the global energy use of the entire fleet.

The case-study of this Thesis was the company João Alberto Matos, Lda, which is dedicated to the tow truck service. The fleet has 21 vehicles comprised in three categories, passenger cars, light-duty trucks and heavy-duty trucks.

The data of fuel consumption and kilometers travelled by the vehicles company between 2006 and 2009 were analysed and a database of the company's fleet was built. Also, information related to general passenger cars, light-duty trucks and heavy-duty trucks since 1992 was added in the database with the purpose of this software could be used for any vehicle fleet.

The analysis of the data obtained by the software leads to the conclusion that the best results are obtained for vehicles with a more recent EURO category. Also analyzing the data of the GesFleet *software* can be concluded that the closest simulation uses 100% of load and the slope of the road by 2%.

With the policy of fleet renewal, the company João Alberto Matos, Lda in a year reduced the fuel consumption in 7830 liters. Also the emissions were reduced. The CO<sub>2</sub> emissions were reduced in 3.98 tonnes, the CO in 288 kg, NO<sub>x</sub> in 555 kg, VOC in 124 kg and PM in 53 kg.



# ÍNDICE

ÍNDICE FIGURAS.....	- 1 -
ÍNDICE TABELAS.....	- 3 -
NOMENCLATURA.....	- 5 -
1. INTRODUÇÃO.....	- 7 -
1.1 Motivação.....	- 7 -
1.2. O sector dos transportes e o Meio Ambiente.....	- 9 -
1.3. Estrutura da Dissertação.....	- 15 -
2. OBJECTIVOS.....	- 17 -
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	- 19 -
4. A EMPRESA OBJECTO DE ESTUDO.....	- 23 -
5. METODOLOGIA.....	- 27 -
5.1 Metodologia de Cálculo de Consumos e Emissões.....	- 28 -
5.2 Dados do Caso de Estudo.....	- 32 -
5.3 Estrutura da aplicação.....	- 39 -
5.3.1 – Bases de Dados.....	- 39 -
5.3.2 – Interface gráfica.....	- 45 -
5.3.2.1 – Janela de Início.....	- 48 -
5.3.2.2 – Janela de Análise Individual.....	- 49 -
5.3.2.3 – Janela de Comparação de Veículos.....	- 51 -
5.3.2.4 – Janela de Análise da Frota.....	- 52 -
5.3.2.5 – Janela de Retorno do Investimento.....	- 54 -
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	- 57 -
7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	- 69 -
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 71 -
Anexos.....	- 75 -
A.1 – Consumos de combustível da frota entre 2006 e 2009.....	- 75 -
A.2 – Velocidades médias dos veículos da frota.....	- 79 -
A.3 – Fórmulas de cálculo dos poluentes (carga 50%; declive 0%).....	- 80 -
A.4 – Resultados obtidos através da opção “Pesquisa Individual” (carga 50%; declive 0%).....	- 84 -
A.5 – Resultados obtidos através da opção “Análise da Frota” para os anos de 2006 a 2009.....	- 88 -





## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1-Volume de carga dos transportes de mercadorias em Portugal [1].	- 7 -
Figura 2-Procura de transportes de mercadorias e do PIB [7].	- 9 -
Figura 3-Consumo energético por sector [8].	- 10 -
Figura 4-Consumo de energia por tipo de transporte [9].	- 10 -
Figura 5-Consumo energético por tipo de combustível [8].	- 11 -
Figura 6-Gráfico da evolução do número de veículos da frota ao longo dos anos.	- 25 -
Figura 7-Evolução do número de quilómetros percorridos pelos veículos da frota ao longo dos anos.	- 25 -
Figura 8-Média de quilómetros efectuados por cada veículo da frota.	- 26 -
Figura 9-Norma EURO dos motores da frota.	- 26 -
Figura 10-Organograma da organização da Metodologia.	- 27 -
Figura 11-Eschema da aplicação da metodologia de cálculo das emissões.	- 35 -
Figura 12-Resumo diário do sistema GPS utilizado numa viatura da frota.	- 36 -
Figura 13-Especificações do gasóleo fornecido à empresa João Alberto Matos, Lda [36].	- 38 -
Figura 14-Diagrama relacional da BD "ReboquesMatos".	- 41 -
Figura 15-Tipo de caracteres ( <i>string</i> ) do MySQL e tamanho de armazenamento ocupado [46].	- 43 -
Figura 16-Introdução das colunas da tabela "MV_ModeloVersão" da base de dados <i>ReboquesMatos</i> .	- 44 -
Figura 17-Exemplo da tabela "MV_ModeloVersão" da BD <i>ReboquesMatos</i> .	- 45 -
Figura 18-Janela da comparação de veículos da frota.	- 47 -
Figura 19-Janela de Início da aplicação GesFleet.	- 48 -
Figura 20-Separador "Análise Individual" do programa GesFleet.	- 49 -
Figura 21-Seleção do veículo pretendido no separador "Análise Individual".	- 50 -
Figura 22-Apresentação dos resultados da "Análise Individual".	- 50 -
Figura 23-Apresentação do separador "Comparar Veículos" incluindo resultados.	- 51 -
Figura 24-Separador "Análise da Frota" com apresentação de resultados.	- 52 -
Figura 25-Janela "Nova Frota" do programa GesFleet.	- 53 -
Figura 26-Apresentação dos resultados da janela "Nova Frota".	- 54 -
Figura 27-Apresentação de resultados do separador "Retorno do Investimento".	- 55 -
Figura 28-Comparação de vários veículos com o mesmo peso bruto mas equipados com motores de diferentes normas Euro.	- 57 -
Figura 29-Análise Individual de um veículo.	- 60 -
Figura 30-Emissões de CO <sub>2</sub> para diferentes velocidades.	- 61 -
Figura 31 - Emissões de CO, VOC e PM para diferentes velocidades.	- 62 -
Figura 32 - Emissões de NOx para diferentes velocidades.	- 62 -
Figura 33 - Consumo de combustível para diferentes velocidades.	- 63 -
Figura 34-Análise total da frota de veículos recorrendo à opção "Análise da Frota" do <i>software</i> GesFleet.	- 64 -



## ÍNDICE TABELAS

Tabela 1-Veículos de pertencentes à frota da empresa desde 2006.....	24 -
Tabela 2 - Cronograma das tarefas realizadas.....	27 -
Tabela 3-Percentagem da redução das emissões de veículos ligeiros de passageiros em relação à norma Euro 1 [35].....	29 -
Tabela 4-Percentagem da redução das emissões de veículos ligeiros de passageiros em relação à norma Euro 4 [35].....	30 -
Tabela 5-Percentagem da redução das emissões de veículos ligeiros de mercadorias <3.5t em relação à norma Euro 1 [35].....	30 -
Tabela 6-Classe de veículos cobertos pela metodologia [35]. ....	32 -
Tabela 7 – Consumo de combustível das viaturas da frota.....	33 -
Tabela 8-Diferentes especificações do combustível diesel [35].....	37 -
Tabela 9-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto ≤3500 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.....	58 -
Tabela 10-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto entre 3500 e 7500 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.....	58 -
Tabela 11-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto entre 7500 e 12000 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.....	58 -
Tabela 12-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto entre 14000 e 20000 kg e entre 20000 e 26000 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.....	58 -
Tabela 13-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos ligeiros de mercadorias diesel <3500 kg equipados com motores de diferentes normas Euro.....	59 -
Tabela 14-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos ligeiros de passageiros equipados com motores de diferentes normas Euro.....	59 -
Tabela 15-Valores das emissões do veículo Mitsubishi Canter (FE 659 H6SL) para diferentes velocidades na totalidade dos quilómetros efectuados no ano de 2009. ....	61 -
Tabela 16-Valores obtidos pelo software GesFleet na análise total da frota para o ano de 2006, 2007, 2008 e 2009. ....	64 -
Tabela 17-Percentagem da redução do consumo e das emissões dos anos 2007, 2008 2009 em relação ao ano 2006.....	65 -
Tabela 18-Consumo real e teórico dos veículos da frota.....	65 -
Tabela 19 – Valores obtidos pelo software GesFleet na análise total da frota com carga 100% e declive 2% para os anos de 2006, 2007, 2008 e 2009. ....	66 -
Tabela 20 – Consumo real e teórico dos veículos da frota para carga 100% e declive 2% nos anos 2006, 2007, 2008 e 2009. ....	67 -
Tabela 21 – Dados referentes às viaturas a utilizar na opção "Retorno Investimento". ....	67 -
Tabela 22-Veículos da frota que emitem menos CO, NOx, VOC e PM. ....	68 -
Tabela 23-Veículos da frota que apresentam consumo e emissões de CO <sub>2</sub> mais baixos em valores reais.....	68 -



## NOMENCLATURA

BD – Base de Dados

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CO – Monóxido de Carbono

DCL – *Data Control Language*

DDL – *Data Definition Language*

DML – *Data Manipulation Language*

EPA – Agência de Protecção Ambiental Norte-Americana

FK – Chave Estrangeira

GEE – Gases de Efeito de Estufa

IFG – Interface Gráfica

NO<sub>x</sub> – Óxidos de Azoto

PAG – Potencial de Aquecimento Global

PK – Chave Primária

PQ – Protocolo de Quioto

PM – Partículas de Matéria

SGBD – Sistema de Gestão de Bases de Dados

SQL – *Structured Query Language*

TUPLE – Entrada de dados numa tabela de uma base de dados

UE – União Europeia

VOC – Compostos Orgânicos Voláteis



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Motivação

Hoje em dia, com o avançado desenvolvimento das redes de estradas, as frotas automóveis de transportes rodoviários ganham cada vez mais terreno face ao seu mais directo adversário, os transportes ferroviários.

Os transportes rodoviários podem ser agrupados em duas categorias: transporte de mercadorias e transporte de passageiros. Nesta Dissertação de Mestrado, será mais aprofundada a área do transporte de mercadorias.

Os transportes de mercadorias têm tido uma procura cada vez maior ao longo das últimas décadas, sendo dos meios mais utilizados pelas empresas para fazerem circular os seus produtos, tanto no mercado interno, como no mercado internacional. Esta actividade é de grande importância, visto ser uma grande fonte de receita para a economia de um país.

Na UE o transporte de mercadorias por via rodoviária continua a crescer, aproximadamente 45% na última década, o que levou ao aumento de carga transportada em 35%, cerca de 650 milhões de toneladas-km, continuando assim a ser o modo de transporte mais procurado, tendo aproximadamente 78% da quota de mercado europeu dos transportes de mercadorias. Isto deve-se ao facto de que o volume das mercadorias transportadas aumentou mais em termos de metros cúbicos do que em toneladas, o que leva a que sejam necessários mais veículos para transportar o mesmo número de toneladas [1].

Mas nem tudo é positivo, com o aumento da procura dos transportes rodoviários, surgem os problemas ambientais e energéticos. Em Portugal, cerca de 95% do volume de mercadorias é transportado pelo modo rodoviário [2], sendo transportadas cerca de 47,27 milhões de toneladas-km por ano [1].

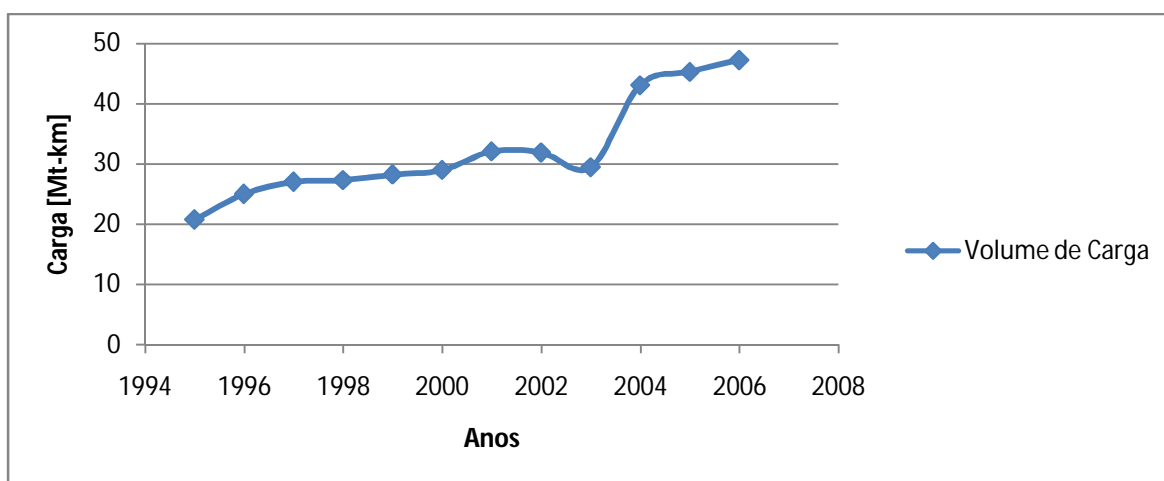


Figura 1-Volume de carga dos transportes de mercadorias em Portugal [1].

O transporte rodoviário constitui assim actualmente, a par com a produção de energia, a maior fonte de consumo energético. Este facto origina que o transporte rodoviário seja dos mais poluentes ao nível dos GEE [3]. Assim a média das emissões de CO<sub>2</sub> em gramas por tonelada-km (g/tkm) é de 62-110 g/tkm [1].

Devido a este aumento dos transportes, mesmo com as políticas ambientais cada vez mais rígidas em relação aos consumos e emissões introduzidas pela União Europeia, através de imposições fiscais, ambientais e com a criação de nova legislação, a poluição originada por este sector não diminui continuando a haver problemas ambientais causados pelo sector dos transportes. A verdade é que a questão das emissões de CO<sub>2</sub> já condiciona o mercado nacional, sobretudo porque a componente ambiental passou a ter um peso importante no novo Imposto Automóvel [4]. Portugal, apesar de um desempenho global relativamente favorável ao nível dos indicadores de estado, tem apresentado progressos pouco animadores que deverão continuar a ser incentivados, para se evitar a deterioração das condições ambientais.

Com base na questão ambiental surgiram vários modelos de simulação de consumos e de emissões, dedicados ao cálculo, análise e previsão do impacto dos transportes no meio ambiente. Estes modelos, nem sempre de fácil utilização, visam ajudar o gestor de uma empresa de transportes a optar pela melhor estratégia a seguir em relação aos veículos e ao percurso a utilizar para minimizar ao máximo os consumos de energia e as emissões de GEE, o que sendo de extrema importância para o meio ambiente, também o é para a situação económica da empresa, permitindo poupar muito dinheiro em gastos desnecessários.

Esta Dissertação de Mestrado visa a gestão da mobilidade para pequenas e médias empresas de transporte, tendo como base o desenvolvimento de um programa de computador empregando as fórmulas de cálculo do modelo de simulação de consumos e emissões COPERT IV (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport) [5]. As emissões estudadas incluem os poluentes CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC e PM. O caso de estudo incidiu sobre a empresa João Alberto Matos, Lda. Esta é uma empresa de pronto-socorro, que tem a sua área de actuação na zona de Aveiro.



## 1.2. O sector dos transportes e o Meio Ambiente

Segundo o *Livro Branco*, que define a política europeia de transportes, “é difícil conceber um crescimento económico forte, criador de empregos e de riqueza, sem um sistema de transportes eficaz, que permita tirar pleno proveito do mercado interno e do efeito de globalização do comércio” [6].

Na verdade, o desenvolvimento do sector dos transportes ao permitir uma maior mobilidade das mercadorias, contribui para a crescente expansão dos mercados ao nível das trocas comerciais e consequente globalização. Este desenvolvimento permite a criação de inúmeras possibilidades de negócio, tendo um impacte significativo na economia, como fica evidenciado na relação que existe entre a procura de transporte e o Produto Interno Bruto (PIB).

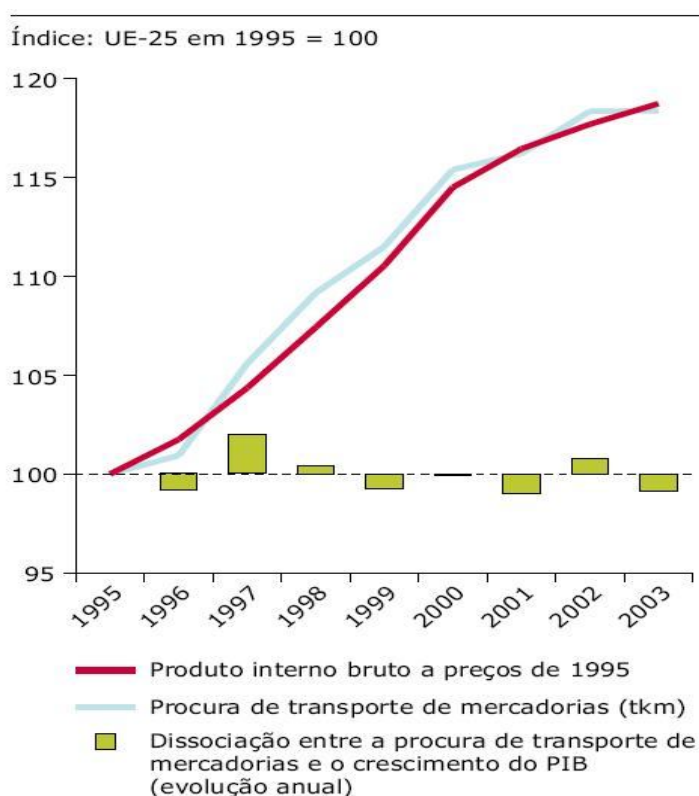


Figura 2-Procura de transportes de mercadorias e do PIB [7].

Como se pode ver na figura anterior o volume de transportes de mercadorias cresceu a um ritmo bastante elevado, estando estritamente associado ao crescimento do PIB. Devido a este facto, a União Europeia fixou como objectivo a dissociação entre o crescimento económico e a procura de transportes de mercadorias para assegurar que os transportes sejam mais sustentáveis, de maneira a reduzir os impactes negativos que

originam, como sejam os congestionamentos, as emissões de GEE e a saúde humana nas zonas urbanas [7].

Dada a importância deste sector para o crescimento económico, é também importante ter em atenção os impactes ambientais associados ao consumo de energia. De facto, o sector dos transportes é um dos maiores consumidores de energia (Figura 3).

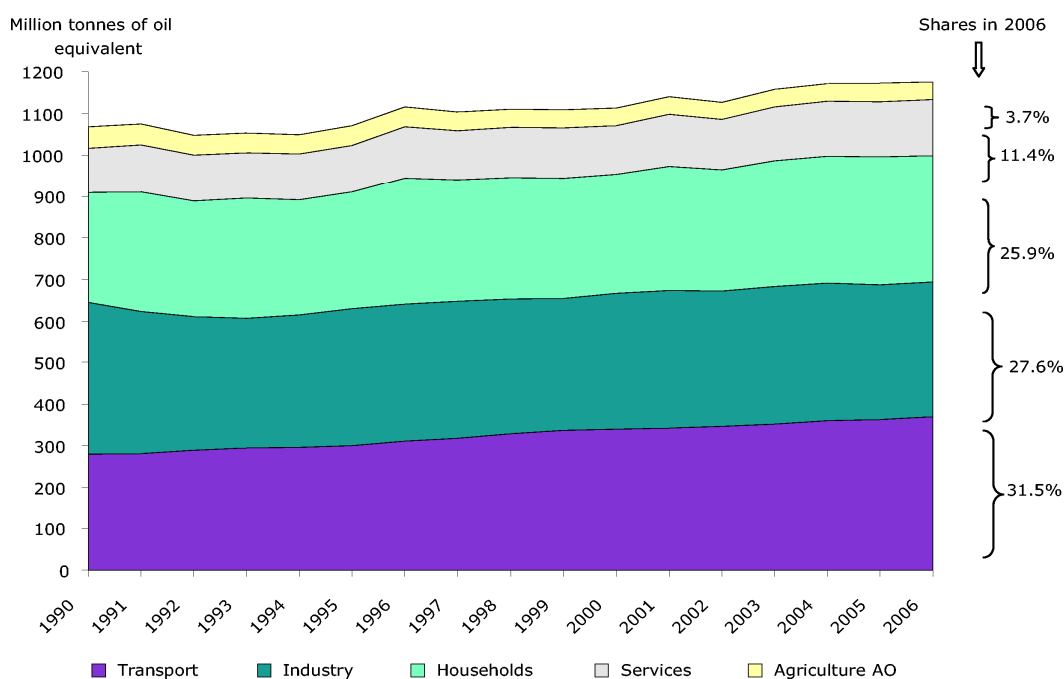


Figura 3-Consumo energético por sector [8].

Dentro do sector dos transportes, o modo dominante em Portugal é rodoviário, sendo este o que mais energia consome, com cerca de 77% da energia total consumida, como podemos observar pela Figura 4.

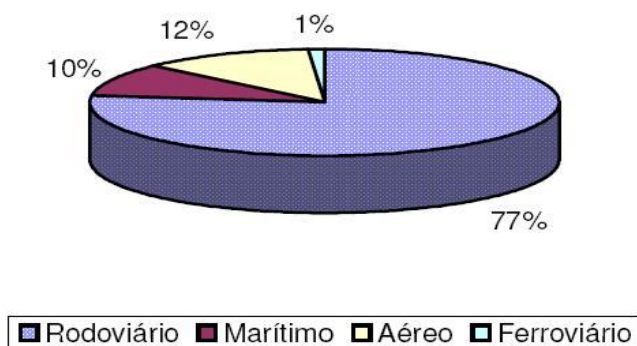


Figura 4-Consumo de energia por tipo de transporte [9].

Este sector é altamente responsável pela deterioração da qualidade do ambiente, sobretudo devido à dependência de combustíveis fósseis e à emissão de GEE. Como a demonstra a Figura 5, o sector dos transportes depende quase exclusivamente dos combustíveis de origem fóssil. Importa realçar que a poluição atmosférica gerada pelo sector dos transportes não advém apenas da combustão de combustível na fase de utilização veículos, mas também de todo o processo da produção e distribuição desse combustível.

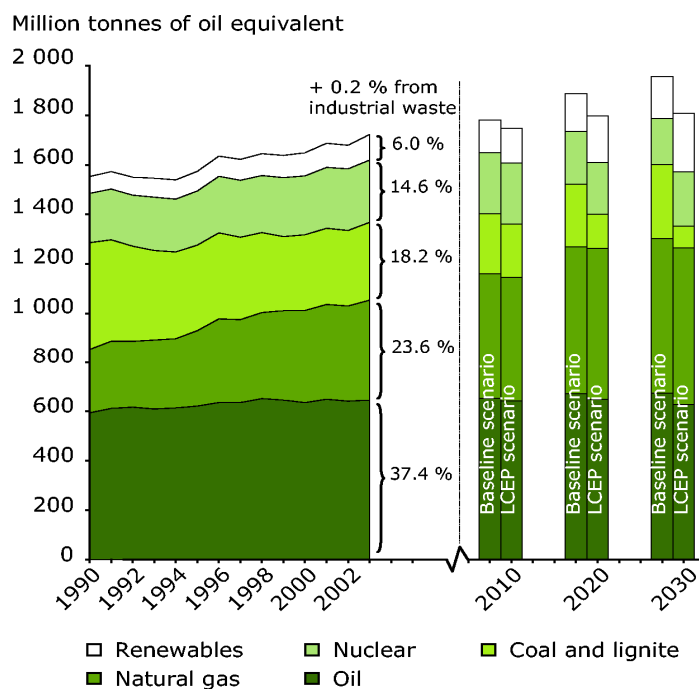


Figura 5-Consumo energético por tipo de combustível [8].

Para tentar reduzir os impactos ambientais no sector dos transportes, foram tomadas, desde meados da década de 90, várias medidas no que concerne às tecnologias de propulsão para limitar a nocividade dos combustíveis fósseis e incentivar o desenvolvimento de veículos menos poluentes.

Com a aprovação por parte do Parlamento Europeu do primeiro programa Auto-Oil em 1992, foram adoptadas várias medidas tendo em vista a redução das emissões poluentes por parte de veículos automóveis envolvendo os fabricantes de automóveis e refinarias europeias. O principal objectivo deste programa em tornar obrigatórias as normas de qualidade dos combustíveis e os valores máximos das emissões poluentes [10].

Um dos campos onde as marcas mais têm investido é no desenvolvimento tecnológico dos motores de combustão interna de maneira a torná-los mais eficientes, logo, mais amigos do ambiente. Nos transportes de mercadorias a quase totalidade dos veículos estão equipados com motores a diesel.

Os motores de ciclo diesel sofreram várias inovações tecnológicas para se adaptar às novas exigências do mercado. Os engenheiros abraçam novos desafios para fazer com que os motores emitam menos poluentes e tenham mais potência com consumos mais baixos.

Ao longo dos últimos anos, a comercialização de veículos com motores diesel tem vindo a crescer, uma vez que são mais económicos que os motores a gasolina. Este aumento deve-se ao facto de terem melhor rendimento em relação aos motores a gasolina sendo mais económicos, também são mais robustos, fiáveis e de uma maior durabilidade [11].

Devido aos impactes ambientais negativos causados pelos motores diesel, tornou-se imperioso o desenvolvimento de novas tecnologias associadas a este tipo de motor para os tornar mais ecológicos sem perder o seu desempenho. Com esse objectivo em mente, os melhoramentos dos motores vão no sentido de melhorar a pulverização de combustível, aumentando a sua pressão, melhorar o escoamento dentro dos cilindros, optimização da injeção e o melhor utilização da sobrealimentação.

Algumas tecnologias utilizadas na revolução do diesel são apresentadas a seguir [12]:

- **Tecnologia multiválvulas:** a maioria dos motores diesel modernos dispõe de quatro válvulas por cilindro, duas de admissão e duas de escape. Isto permite que o bico de injeção de combustível seja posicionado no centro da câmara de combustão, permitindo uma combustão mais eficiente, aumentando a potência ao mesmo tempo que reduz as emissões de poluentes nocivos;
- **Injeção directa:** a unidade de controlo electrónico do motor, faz leituras de uma série de sensores, tais como a posição do acelerador e rotação do motor, e regula minuciosamente a quantidade de combustível injectado directamente na câmara de combustão o que aumentará a eficiência da combustão;
- **Injeção Common-Rail:** os motores diesel antigos eram alimentados por uma bomba injectora mecânica em linha. Com este sistema a pressão e o tempo de injeção eram dependentes da velocidade do motor. Os modernos sistemas *common-rail* operam com o mesmo princípio dos motores a gasolina, com uma bomba de combustível eléctrica a alimentar todos os injectores numa linha de alimentação única e que operam independentemente da velocidade do motor. O abastecimento de combustível é gerido pela unidade de controlo. Este sistema ajuda a otimizar a mistura ar-combustível

aumentando a eficiência do processo de combustão, o que origina bons consumos, sem perda de potência e uma redução de emissões.

- **Injecção piloto:** elimina os picos de combustão que causam o ruído tradicionalmente associados a motores diesel. Esta injecção introduz uma pequena quantidade de combustível na câmara de combustão antes da explosão principal o que vai originar um ciclo de combustão mais suave e de ruído reduzido.

- **Sobrealimentação:** A utilização de turbos nos motores não é um conceito novo, mas os compressores e turbinas usados são cada vez mais sofisticados, podendo mesmo ser utilizados mais do que um turbo em cada motor. O avanço na tecnologia de sobrealimentação maximiza a potência sem sacrificar os consumos.

Outra área a que tem sido dada especial atenção por parte dos construtores de automóveis é ao controlo das emissões de poluentes nocivos por parte dos motores. Neste campo foram desenvolvidas algumas soluções que têm vindo a ser implementadas tanto em veículos ligeiros como em pesados de mercadorias.

De seguida são apresentadas as três soluções técnicas mais importantes no controlo de emissões [11]:

- **Catalisador:** Através de uma reacção química, durante a passagem dos gases no interior do catalisador, este transforma os componentes químicos nocivos contidos nos gases resultantes da combustão em outros componentes menos poluentes para o ambiente. O catalisador usa dois tipos diferentes de “catalisadores”, um de redução e outro de oxidação.

Hoje em dia a maior parte dos carros está equipado com catalisadores de três vias. Este nome deriva dos poluentes que é capaz de reduzir, CO, VOC, NOx.

- **Filtro de partículas:** Este filtro como o próprio nome indica, filtra as partículas não queimadas no seu interior, aquando da combustão, até ficar completamente saturado. Quando o filtro está saturado dá-se uma injecção de combustível adicional com o intuito de provocar um aumento significativo da temperatura dentro do filtro, que vai originar uma combustão quase completa das partículas acumuladas no seu interior, permitindo reduzir substancialmente, cerca de 95%, as emissões de PM [13];

- **Válvula EGR (*Exhaust Gas Recirculation*):** A EGR é um sistema que encaminha parte dos gases de escape de novo para a admissão. Os objectivos da EGR são vários. Permite reduzir o teor de oxigénio na combustão, logo será libertado menor teor de NOx, permite também baixar as emissões de CO, uma vez que os gases são de novo queimados [14].

A par com o desenvolvimento dos motores e de sistemas de controlo das emissões, têm vindo a ser desenvolvidos novos tipos de combustível mais amigos do ambiente, designados por “combustíveis alternativos”.

Existem vários tipos de combustíveis alternativos, desde os Biocombustíveis que englobam o Biodiesel, o Bioetanol, ao Hidrogénio, ao Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), ao Gás Natural, entre outros.

No que respeita à temática dos transportes de mercadorias, os combustíveis alternativos mais usados são os Biocombustíveis, nomeadamente o Biodiesel. O Biodiesel é uma energia renovável, sendo uma alternativa aos combustíveis fósseis, obtido a partir de óleos vegetais principalmente de girassol e pode utilizar-se em motores diesel misturado com o Gasóleo, geralmente, na proporção de 5 a 20% [15]. Este tipo de combustível traz algumas vantagens, além de ser uma energia renovável, é biodegradável, não é tóxico e a sua combustão liberta menos gases nocivos do que a combustão do gasóleo normal. Mas nem tudo são vantagens, a sua utilização penaliza a potência do motor em cerca de 10% e a sua produção ainda é bastante cara o que se torna um grande entrave à sua comercialização em massa [16].

Existem algumas novas tecnologias de propulsão que ambicionam substituir e complementar os motores de combustão interna. Algumas dessas tecnologias já foram testadas com grande êxito estando mesmo já disponíveis no mercado, como é o caso dos veículos híbridos.

Os veículos híbridos combinam um motor de combustão com um motor eléctrico. A configuração utilizada neste tipo de propulsão é a configuração paralela, que permite que ambos os motores movam o veículo. Normalmente o motor eléctrico opera nos arranques e a baixa velocidade que é quando o motor de combustão tem mais perdas tornando-se menos eficiente. Quando a velocidade é maior entra em funcionamento o motor de combustão uma vez que já não é necessário um dispêndio de energia elevado [17]. Este tipo de veículos usa normalmente um sistema de travagem regenerativa, ou seja, utiliza a energia libertada nas travagens para carregar a bateria que vai fazer funcionar o motor eléctrico. Esta tecnologia permite uma diminuição acentuada nos consumos de combustível, visto que o motor de combustão trabalha num regime mais eficiente, logo as emissões de gases serão menores.

Inicialmente aplicada somente a viaturas ligeiras, esta tecnologia já começa a ser usada nos veículos pesados, como é o caso de marcas como a Volvo [18]. No Japão, já foram postos em circulação modelos comerciais de 3500 kg da marca Nissan para fazerem distribuições dentro das cidades [19].

### 1.3. Estrutura da Dissertação

Esta Dissertação está dividida em oito capítulos, estando alguns deles divididos em subcapítulos de maneira a que a sua informação fique o mais organizada possível e para que seja mais fácil e rápida a consulta através do índice.

No primeiro capítulo está descrita a motivação e uma pequena introdução à problemática ambiental que levou ao estudo efectuado nesta Dissertação, a importância do consumo de combustível e as emissões dos gases das frotas de veículos automóveis.

Os objectivos que se pretendem atingir com esta Dissertação estão descritos no capítulo dois.

O estado da arte, bem como outros trabalhos já realizados relativamente à temática desta Dissertação, estão descritos no terceiro capítulo.

No quarto capítulo é apresentada a empresa a que vai ser aplicado o caso de estudo.

A metodologia seguida e a organização das tarefas necessárias para o desenvolvimento desta Dissertação estão descritas no quinto capítulo, assim como o método utilizado para a elaboração da base de dados ReboquesMatos e da interface gráfica. Ainda neste capítulo encontra-se a análise da frota objecto de estudo e a apresentação do *software* GesFleet.

Os resultados obtidos com o estudo efectuado nesta Dissertação e a discussão dos mesmos estão descritos no sexto capítulo, no qual podemos encontrar quais os veículos que melhor servem as pretensões da empresa em matéria de consumos e de gases poluentes emitidos.

No sétimo capítulo estão descritas as considerações finais da análise dos resultados obtidos. Neste capítulo também se encontram algumas sugestões para um possível trabalho futuro tendo como base esta Dissertação.

As referências consultadas na elaboração desta Dissertação estão enumeradas no capítulo oitavo.





## 2. OBJECTIVOS

Com este trabalho pretendeu-se criar uma aplicação informática onde o principal objectivo foi fazer a simulação do cálculo dos consumos e das emissões dos veículos da frota da empresa João Alberto Matos, Lda, podendo esta simulação também ser aplicada a qualquer frota automóvel. Com este cálculo pretende-se apoiar e ajudar o decisor de uma empresa de transportes na escolha do melhor veículo, dos que tem à sua disposição, em termos de consumo e emissões de GEE, para realizar determinado percurso podendo assim diminuir o consumo de energia associado à sua frota.

Assim sendo, a primeira tarefa a realizar foi a criação de uma base de dados que contém toda a informação relativa aos veículos da empresa João Alberto Matos, Lda., nomeadamente a marca, modelo, cilindrada, tipo de combustível, média do consumo, peso bruto, transmissão, número de velocidades, ano e categoria EURO do motor. Também na base de dados colocaram-se todos os parâmetros necessários para calcular, através das fórmulas usadas no programa COPERT [5], os consumos e as emissões dos GEE de cada veículo da empresa.

Em seguida criou-se um programa em Visual Basic [20], onde se desenvolveu um ambiente gráfico, que se pretendeu simples e intuitivo de utilizar por qualquer pessoa, mesmo aquela que nunca tenha usado o Visual Basic. Este programa, utilizando a informação contida na base de dados, tem como principal objectivo o cálculo dos consumos e emissões dos veículos da empresa. O *software* criado tem várias opções de cálculo, podendo fazer-se um cálculo individual de cada veículo, ou o cálculo de todos os veículos da frota. Pode também fazer-se uma comparação para cinco veículos diferentes, com o objectivo de se escolher o mais económico e menos poluente para determinado trajecto. Foi também criado um campo onde se pode verificar quanto tempo vai demorar a amortizar um investimento num veículo mais recente, mais caro mas mais económico em termos de consumo, em detrimento de um outro mais barato mas com consumos de combustível mais elevado.

Esta aplicação informática GesFleet não pretende somente ser uma simples calculadora de consumos e emissões, pretende também alertar as pessoas, principalmente as decisoras das empresas de transporte, para os problemas ambientais originados pelo sector dos transportes e da energia.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De forma a obter uma visão clara e precisa do estado da arte, foi dada particular atenção aos softwares e bases de dados existentes no âmbito dos consumos e emissões de gases de efeito de estufa e também a estudos já efectuados usando a mesma metodologia com o objectivo de reduzir os consumos e as emissões.

Com toda a preocupação gerada em torno dos consumos e das emissões de GEE pelos veículos automóveis é relativamente fácil encontrar fontes de pesquisa sobre o assunto. A maior e principal fonte de pesquisa é a Internet, onde não só é possível encontrar informação detalhada em relação às emissões de gases poluentes como também é possível encontrar softwares e bases de dados online para efectuar esses cálculos, embora a quase totalidade desses softwares só dêem atenção às emissões de CO<sub>2</sub>, esquecendo os outros gases poluentes. Podem encontrar-se estas informações em sites de associações ambientais, em sites de empresas ligadas ao ramo automóvel, nos sites de empresas ligadas ao tratamento de resíduos e também nos sites das próprias marcas. As revistas e jornais, impressos, são também uma fonte de informação relativa aos consumos e às emissões poluentes, mas neste caso também dando mais ênfase aos consumos e às emissões de CO<sub>2</sub>.

Em Portugal, o principal software disponibilizado gratuitamente para efectuar cálculos de consumos e emissões de veículos automóveis, é o Guia de Economia de Combustível [21], mas mais uma vez, só foi encontrada referência aos consumos de combustível e à emissão de CO<sub>2</sub>, e estando só disponibilizados veículos ligeiros na sua base de dados. Este software também pode ser consultado na página da Associação Automóvel de Portugal (ACAP) [22].

Os sites britânicos *carfueldata* [23] e *whatcar* [24], são locais onde se encontram referências, para além das características técnicas, aos consumos e emissões dos veículos ligeiros. No campo dos consumos e das emissões não se limitam apenas à divulgação de valores, sendo também possível ao utilizador, seguindo o “link” intitulado *green car guide*, obter informação dos veículos menos poluentes do mercado, os seus benefícios e em como realizar uma condução económica.

No respeitante a softwares que permitem calcular consumos e emissões de veículos de mercadorias, foram encontrados o COPERT IV (*Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport*) [5] e o MOVES (*Motor Vehicle Emission Simulator*) [25].

O software MOVES é uma ferramenta de modelação desenvolvida pela EPA para calcular emissões de GEE em veículos, baseado em milhões de testes experimentais efectuados. O MOVES veio substituir o anterior software criado pela EPA, o MOBILE6.2 [26]. Esta substituição deve-se ao facto de que este novo software desenvolvido de raiz, contém um

maior número de fontes de informação, mais actualizadas, sobre os veículos e também sobre as suas fórmulas de cálculo de GEE.

O COPERT [5] visa calcular as emissões de GEE produzidas pelos veículos automóveis. Inicialmente o COPERT [5] foi pensado e desenvolvido para ser usado somente por especialistas, mas como é de fácil utilização, rapidamente se tornou conhecido podendo ser obtido gratuitamente, estando assim ao alcance de qualquer pessoa.

Após um primeiro contacto com estes programas foi verificado que estes não possuíam uma base de dados das marcas e modelos dos veículos, somente estando disponível a categoria dos veículos.

Foram também encontrados diversos estudos baseados na metodologia do MOBILE [26], nomeadamente nos Estados Unidos, onde é estudada a actividade de frotas de veículos pesados de mercadorias bem como as suas emissões usando uma base de dados generalizada, sem conter as marcas e modelos de veículos [27]. Também nos Estados Unidos foi realizado um estudo que visava a redução dos consumos e das emissões de frotas de veículos, onde foram apresentadas algumas sugestões para que essa redução fosse conseguida [28].

Foi ainda realizado um estudo comparativo, entre biodiesel e gasóleo convencional, numa frota de autocarros de uma escola. Este estudo consistia na utilização de biodiesel para reduzir as emissões de GEE [29].

Ainda nos Estados Unidos a NAFA – Fleet Management Association [30] desenvolveu um *software*, baseado no MOBILE, que possui uma base de dados de veículos ligeiros e pesados. Este *software* é disponibilizado online na página da associação, estando somente disponível para os seus sócios.

Outras metodologias novas foram usadas somente para calcular as emissões em frotas de veículos ligeiros de mercadorias como o caso do VERSIT+ [31]. Este estudo usa a metodologia do COPERT mas com os algoritmos da média da velocidade melhorados na sua precisão, tendo este melhoramento sido obtido através da análise de diversas situações de trânsito [31].

Tendo como objectivo a redução de consumos e emissões das suas frotas algumas empresas optaram pela implementação de diversos programas de monitorização dos seus veículos. A maior parte das frotas de veículos são monitorizadas por GPS, o que permite saber em tempo real onde se encontram os veículos, optimizando desta maneira as rotas o que vai permitir uma redução do consumo e das emissões [32].

Em Portugal um dos casos de maior sucesso foi o programa desenvolvido pela Rodoviária de Lisboa, em parceria com o Instituto Superior Técnico de Lisboa o “GISFROT – Programa de Melhoria da Qualificação dos Motoristas e da Qualidade de Serviço” [33]. O GISFROT consiste na formação dos motoristas para uma condução segura e amiga do ambiente,

evitando as travagens e acelerações bruscas, o tempo excessivo ao ralenti, o excesso de rotação e a velocidade excessiva. Os motoristas são depois monitorizados, através de uma “caixa negra” colocada nos veículos, na sua condução durante o serviço, sendo os dados armazenados numa base de dados. Este programa deu excelentes resultados, permitindo à empresa reduzir o seu consumo de combustível em 2,3% num total de 206485 litros bem como as emissões de CO<sub>2</sub> em cerca de 553 toneladas [33]. Devido aos bons resultados do programa GISFROT, a Rodoviária de Lisboa prevê alargar o programa a todos os motoristas e veículos da empresa, assim como fornecer o *software* a outras empresas.

Outras empresas, como o caso da CARRIS [34] apostaram também na sustentabilidade da sua frota, mas neste caso o caminho seguido foi outro. Para reduzir os consumos e emissões esta empresa apostou na renovação da sua frota, adquirindo veículos das normas Euro 4 e Euro 5, não apostando em nenhum modelo de cálculo de consumos e emissões [34].



#### 4. A EMPRESA OBJECTO DE ESTUDO

A João Alberto Matos, Lda é uma empresa de capitais privados, que se dedica desde 1986 à recolha e transporte de veículos avariados ou sinistrados.

Começando com um único veículo pronto-socorro para viaturas ligeiras, com o aumento do número de veículos em circulação nas estradas, no espaço de um ano, aumentou para três veículos a sua frota, para poder dar resposta ao serviço solicitado.

Em 1989 para fazer face aos constantes pedidos de reboque de viaturas pesadas, foi adquirido um veículo pronto-socorro pesado, equipado somente para rebocar camiões.

O passo empresarial seguinte surgiu naturalmente, evoluindo para uma solução de oferta integrada de serviços. Assim, a empresa passou a ter ao serviço dos seus clientes uma oficina de reparações de automóveis e camiões, bem como um serviço de transporte de passageiros.

Com o passar dos tempos a empresa foi evoluindo e adaptando-se às novas realidades sem nunca perder a confiança dos seus clientes. Ao contrário dos primeiros anos, hoje em dia, os maiores clientes da empresa são as Companhias de Assistência em Viagem. A João Alberto Matos, Lda opera actualmente numa vasta área do distrito de Aveiro, tendo 21 veículos na sua frota e 14 funcionários ao seu serviço, transportando anualmente cerca de 7500 veículos avariados ou sinistrados.

A João Alberto Matos, Lda, desenvolve a sua actividade enquadrada numa estratégia e orientação que têm por objectivos, a par de uma mobilidade mais sustentável, o equilíbrio entre as vertentes económica e ambiental, dando ainda, especial atenção à qualidade, inovação e segurança, podendo orgulhar-se de ter conquistado em poucos anos, um lugar de destaque no sector dos transportes de viaturas.

A João Alberto Matos, Lda ambiciona a obtenção de elevados desempenhos no competitivo mercado de prestação de serviços de reboque, correspondendo à satisfação das exigências dos seus clientes. Para além disso, deseja também proporcionar retorno aos investimentos efectuados, assegurando assim a continuidade e desenvolvimento da empresa.

A João Alberto Matos, Lda dispõe de uma frota da qual fazem parte 21 veículos, entre ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias e pesados de mercadorias.

Sendo esta uma empresa que se dedica quase exclusivamente ao serviço de pronto-socorro, todos os veículos de mercadorias estão equipados para esse efeito. Fazem também parte da frota da empresa dois veículos ligeiros de mercadorias de assistência móvel rápida. Também pertencem à frota da empresa quatro veículos ligeiros de passageiros, um deles dedicado ao transporte de passageiros e os outros três pertencem

aos administradores da empresa. Na Tabela 1, encontram-se os veículos pertencentes à frota da empresa desde o ano de 2006 e a sua tipologia.

**Tabela 1-Veículos de pertencentes à frota da empresa desde 2006.**

Marca	Modelo	Matricula	Combustível	Cilindrada	Peso Bruto	Ano	Norma EURO
Isuzu	NKR 150	84-FQ-01	Diesel	2999	3500	2008	4
Isuzu	NKR 150	96-EM-28	Diesel	2999	3500	2007	4
Isuzu	NKR 150	95-DQ-14	Diesel	2999	3500	2007	4
Isuzu	NKR 69	89-91-JD	Diesel	3059	3500	1997	2
Renault	HM 150	91-80-RN	Diesel	4118	8500	2001	3
Renault	S 135.07	02-13-MN	Diesel	4118	7000	1998	2
Renault	M 180.12 C	48-60-LG	Diesel	6178	11500	1998	2
Mitsubishi	Canter (FE 659F6SL)	24-BQ-09	Diesel	3908	7500	2006	4
Mitsubishi	Canter (FE 649F4SL)	64-68-RD	Diesel	3908	3500	2001	3
Mitsubishi	Canter (FE659H6SL)	70-75-PD	Diesel	3908	7500	2000	2
Mitsubishi	Canter (FH100HSL)	04-07-GR	Diesel	4984	8500	1996	1
Mitsubishi	Canter(FE 444FXSLEA1)	BX-89-48	Diesel	3298	6800	1990	Pré-Euro
Mitsubishi	Canter(FE 444FXSLEA6)	29-73-FI	Diesel	3298	3500	1995	1
Mitsubishi	Canter(FE 444FXSLEA6)	19-42-GR	Diesel	3298	3500	1996	1
Mitsubishi	Canter(FE 444FXSLEA2)	64-65-BD	Diesel	3298	3500	1992	Pré-Euro
Volkswagen	Transporter	XU-98-52	Diesel	1896	2700	1992	Pré-Euro
Volvo	FH 12 6x2	82-FX-98	Diesel	12130	26000	1999	2
Volvo	F 10-49 4x2	SI-96-33	Diesel	9600	16000	1989	Pré-Euro
Mercedes	814 D	64-37-LH	Diesel	4249	7490	1998	2
Mercedes	1114 K/31	62-83-FU	Diesel	5958	11000	1995	1
Mercedes	C200 CDI	78-69-TF	Diesel	2148	1985	2002	3
Mercedes	C220 CDI	59-92-ZU	Diesel	2148	1985	2001	3
Audi	A4	90-24-VU	Diesel	1896	1955	2003	3
Iveco	35 C 11 V	86-00-OB	Diesel	2800	3500	1999	2
Citroën	Berlingo	27-53-UV	Diesel	1868	1755	2003	3
BMW	318 tds	64-65-FE	Diesel	1665	1725	1995	1



A frota desta empresa tem vindo a crescer ao longo dos últimos anos para dar resposta ao trabalho solicitado. Na Figura 6 pode ser visto esse aumento desde o ano de 2006.

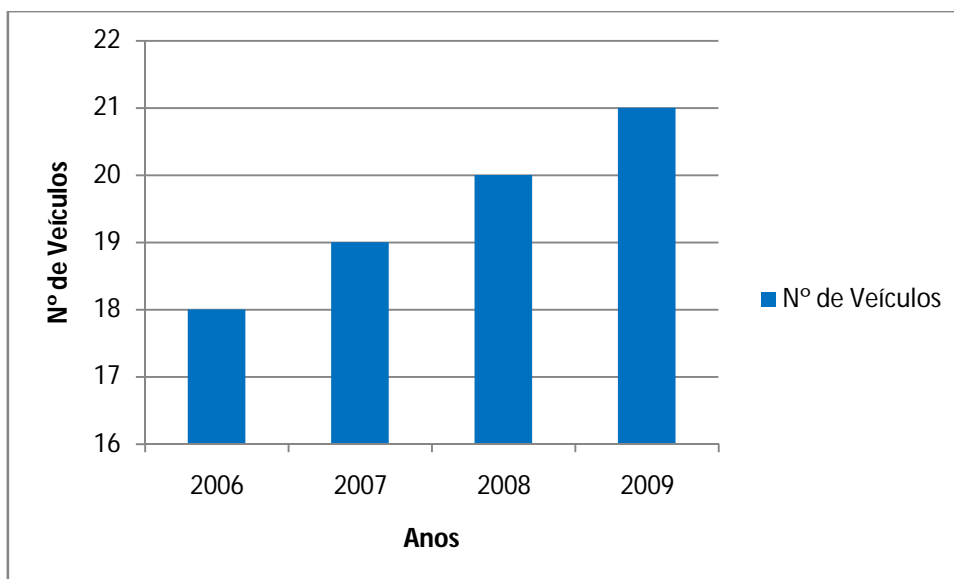


Figura 6-Gráfico da evolução do número de veículos da frota ao longo dos anos.

Apesar do número de veículos ter crescido anualmente, isso não se traduz num aumento de quilómetros percorridos, como se pode comprovar pela Figura 7, onde pode ser consultada a evolução do número de quilómetros efectuados pelos veículos da empresa nos anos em estudo.

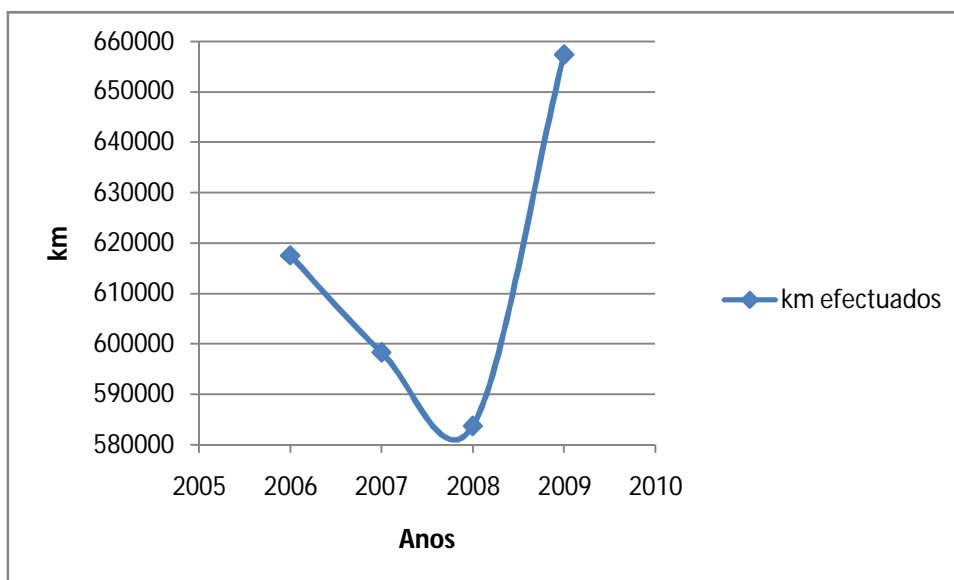


Figura 7-Evolução do número de quilómetros percorridos pelos veículos da frota ao longo dos anos.

Assim, após dois anos em que os quilómetros efectuados diminuíram, mesmo aumentando o número de veículos, no ano de 2009 nota-se uma subida acentuada dos quilómetros percorridos.

Da mesma forma que os quilómetros totais, também a média de quilómetros efectuada por cada veículo aumenta e diminui (Figura 8).

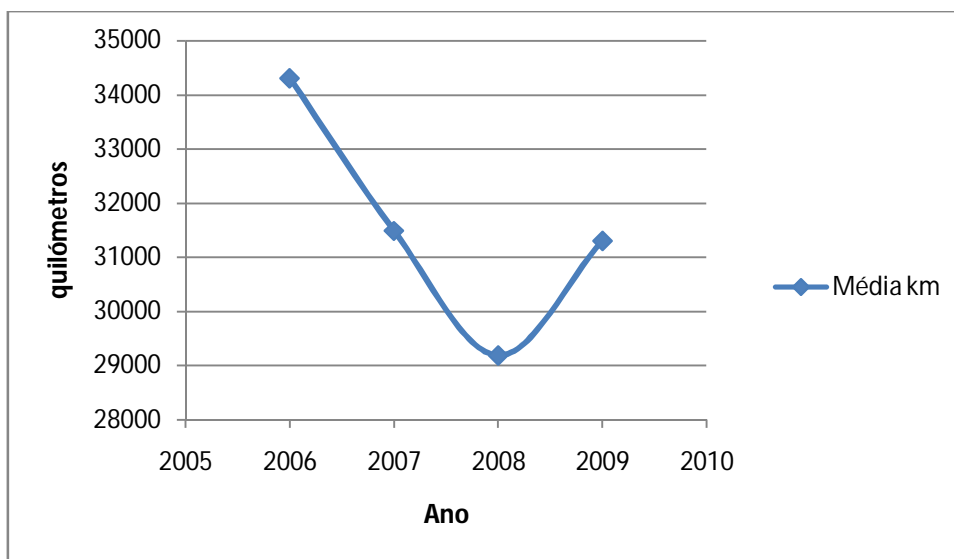


Figura 8-Média de quilómetros efectuados por cada veículo da frota.

Apostando na inovação e na diminuição do impacto negativo sobre o ambiente, da actividade, a empresa tem vindo a renovar a sua frota de uma forma sustentada, contribuindo para a redução da emissão de gases poluentes. Na figura seguinte encontram-se os diferentes tipos de motor da frota no ano 2006 e no ano 2009.

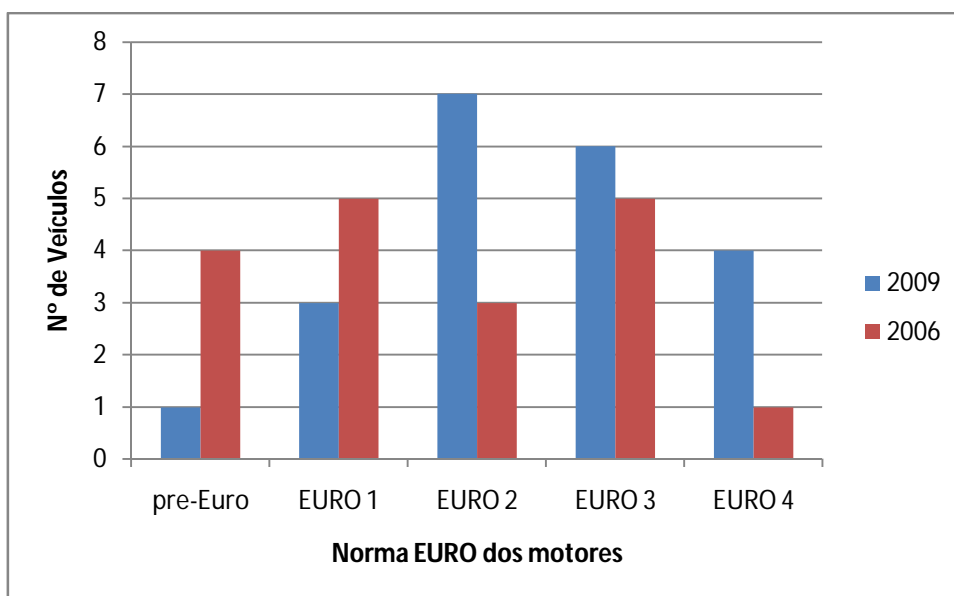


Figura 9-Norma EURO dos motores da frota.

Pode-se observar que houve um decréscimo dos veículos equipados com motores Pré-EURO e EURO 1, e um aumento de veículos com motor EURO 2, EURO 3 e EURO 4, o que vai originar um decréscimo em termos de emissões de poluentes locais.

## 5. METODOLOGIA

Neste capítulo é tratada uma grande quantidade de informação, assim sendo, optou-se por uma análise em subcapítulos segundo a Figura 10, onde está representado o organograma do capítulo.

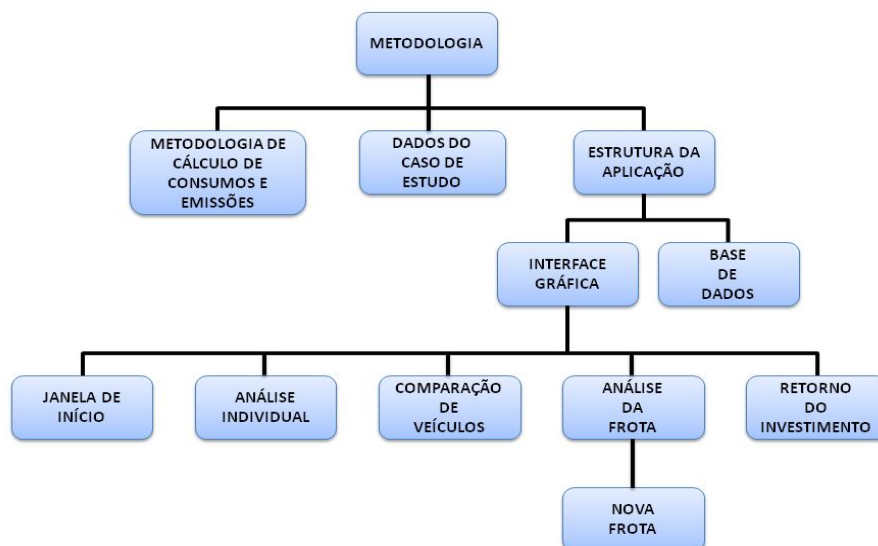


Figura 10-Organograma da organização da Metodologia.

A calendarização seguida na elaboração desta Dissertação encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma das tarefas realizadas

Tarefas	2009		2010										
	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
1.Revisão bibliográfica													
2.Pausa para realização de exames													
3.Pesquisa e estudo da metodologia a adoptar													
4.Analise dos consumos da empresa caso de estudo													
5.Estudo da linguagem de programação MySQL													
6.Estudo da linguagem de programação do Visual Basic													
7. Elaboração da base de dados													
8. Elaboração do programa GesFleet													
9. Escrita da Dissertação													

### 5.1 Metodologia de Cálculo de Consumos e Emissões

Em termos gerais, o cálculo de emissões relacionadas com os transportes pode ser baseado na equação 1:

$$E = e \times a \quad (1)$$

sendo  $E$  a emissão total,  $e$  é a taxa de emissão por unidade de actividade, e  $a$  é o total da actividade de transporte.

Esta equação aplica-se a todos os níveis, desde um motor isolado até a uma frota de automóveis, e a todas as estradas existentes.

A metodologia usada [35] abrange as emissões de CO, NOx, VOC, PM e CO<sub>2</sub>. As emissões de NOx englobam os gases NO e NO<sub>2</sub>. Neste sentido e baseado nas diferentes metodologias existentes para cálculo de emissões, os poluentes mencionados podem ser distinguidos em dois grupos:

**Grupo 1:** Poluentes para os quais existe uma metodologia baseada em factores de emissão específicos e englobando diferentes condições de tráfego (velocidade do veículo) e condições dos motores (cilindrada do motor e norma euro). Os poluentes englobados neste grupo são o CO, NOx, VOC e PM.

**Grupo 2:** Emissões dependentes do consumo de combustível. O consumo de combustível é calculado por factores específicos de consumo. O poluente englobado neste grupo é o CO<sub>2</sub>.

Controlo das emissões:

As emissões de poluentes emitidos por veículos automóveis têm sido alvo de controlo por parte da legislação europeia desde os anos 70. Com o objectivo de responder positivamente a estes requisitos, as marcas de automóveis têm aplicado e melhorado diversas tecnologias nos seus motores. Devido a este facto, os veículos de hoje são muito mais ecológicos nas emissões de CO, NOx e VOC do que eram até há duas décadas atrás.

A classificação dos veículos de acordo com a sua tecnologia de controlo de emissões é feita com base na legislação. Este ponto é de elevada relevância na metodologia usada. Em seguida são apresentados os pontos mais relevantes dessa legislação para motores diesel, uma vez que todos os veículos da frota em estudo são equipados com motores diesel.

### Legislação de veículos diesel:

As normas de emissão Euro para os veículos diesel seguiram a mesma linha de orientação das normas para os carros a gasolina. As datas de implementação das normas Euro e as principais diferenças são descritas a seguir:

- Euro 1: Estes veículos foram introduzidos pela directiva 91/441/EEC em Julho de 1992. Foram os primeiros veículos com a obrigatoriedade de uso de catalisadores. Era também obrigatório o uso de combustível sem chumbo;
- Euro 2: Veículos equipados com catalisadores melhorados em relação à Euro 1. Emissões reduzidas em relação à norma anterior. Estas alterações foram introduzidas pela directiva 94/12/EC em 1996. Esta norma era válida a partir de 1996 para motores de injeção indirecta e a partir de 1997 e até 2000 para motores de injeção directa;
- Euro 3: Esta norma foi introduzida pela directiva 98/69/EC, e a par da redução na emissão de poluentes, estes veículos tinham de ser equipados com duas sondas lambda ( $\lambda$ ) para melhor controlo das emissões;
- Euro 4: Introduzida pela segunda etapa da directiva 98/69/EC em Janeiro de 2005. Trouxe reduções adicionais de emissões, bem como novas tecnologias de injeção de combustível e tratamento de partículas;
- Euro 5 e Euro 6: Estas normas impuseram uma redução significativa na emissão de NO<sub>x</sub>, no entanto, a mais significativa alteração com a introdução destas normas é a redução de PM com a obrigatoriedade do uso de filtro de partículas por parte dos veículos.

Na Tabela 3 encontram-se em percentagem as reduções das emissões dos veículos impostas em relação à norma Euro 1.

**Tabela 3-Percentagem da redução das emissões de veículos ligeiros de passageiros em relação à norma Euro 1 [35].**

Norma Euro	CO [%]	NO <sub>x</sub> [%]	VOC [%]	PM [%]
Euro 2	0	0	0	0
Euro 3	0	23	15	28
Euro 4	0	47	31	55

Na Tabela 4 encontra-se a percentagem da redução das emissões impostas pelas normas Euro 5 e 6 em relação à norma Euro 4.

**Tabela 4-Percentagem da redução das emissões de veículos ligeiros de passageiros em relação à norma Euro 4 [35].**

Norma Euro	CO [%]	NOx [%]	VOC [%]	PM [%]
Euro 5	0	28	0	95
Euro 6	0	68	0	95

Em geral, a tecnologia adoptada nos motores dos veículos ligeiros de mercadorias é igual à usada nos veículos ligeiros de passageiros com cerca de 1 a 2 anos de atraso. Assim sendo, até 1993, todos os motores são considerados “Convencionais”. A partir deste ano também as motorizações destes veículos são abrangidas pelas normas Euro descritas a seguir:

- Euro 1: Introduzida pela directiva 93/59/EEC, exigia a utilização de catalisadores pelos veículos;
- Euro 2: A directiva 96/69/EC introduzia uma redução nas emissões;
- Euro 3: Válida entre 2001 e 2006, esta norma introduzida pela directiva 98/69/EC visava um decréscimo ainda maior nas emissões poluentes;
- Euro 4: A partir de 2006 esta norma previa uma redução ainda mais acentuada das emissões;
- Euro 5: Esta norma era em tudo semelhante à utilizada nos veículos ligeiros de passageiros, somente difere na percentagem de redução das emissões poluentes.

Na tabela 5 encontram-se as percentagens de redução de emissões poluentes estabelecidas pelas normas Euro dos veículos de mercadorias diesel <3500 kg.

**Tabela 5-Percentagem da redução das emissões de veículos ligeiros de mercadorias <3.5t em relação à norma Euro 1 [35].**

Norma Euro	CO [%]	NOx [%]	VOC [%]	PM [%]
Euro 2	0	0	0	0
Euro 3	18	16	38	33
Euro 4	35	32	77	65
Euro 5	35	51	77	98,25
Euro 6	35	78	77	98,25

As emissões dos motores que equipam os veículos pesados de mercadorias foram regulamentadas, pela primeira vez em 1988, com a introdução, por parte da União Europeia, da regulação ECE 49. Os motores que estivessem englobados nesta regulamentação, e os anteriores a esta, eram classificados como “Convencionais”. A partir de 1992 chegaram também novas regras para estes veículos com a introdução das normas Euro.

- Euro 1: A directiva 91/542/EEC implementou esta norma obrigando a que os motores fossem menos poluentes;
- Euro 2: Válida entre 1996 e 2000, esta norma obrigava a nova redução das emissões;
- Euro 3: Prevista para ser implementada em duas etapas, esta norma, válida a partir de 2000, restringia fortemente as emissões nos motores;
- Euro 4: Foi a continuação da implementação da norma Euro 3;
- Euro 5: Bastante restrita, esta norma prevê mais uma drástica redução das emissões, com a redução do NOx a chegar aos 70% e as PM aos 85% em relação à norma Euro 2.

Encontra-se já em discussão a norma Euro 6 que será introduzida em 2014. A proposta da Comissão Europeia impõe a utilização de filtros de partículas e de válvulas EGR por parte dos veículos pesados de mercadorias de modo a reduzir o NOx em 80% e as PM em 50% em relação à norma Euro 5. Esta proposta está ainda à espera de aprovação.

Na Tabela 6 encontram-se os diferentes tipos de veículos englobados pela metodologia, estes encontram-se separados por classes de cilindrada e por legislação em relação à norma Euro.

Tabela 6-Classe de veículos cobertos pela metodologia [35].

Tipo de veículo	Classe	Legislação
Veículos ligeiros	Diesel <2.0 l	Convencional EURO 1 - 91/441/EEC EURO 2 - 94/12/EC EURO 3 - 98/69/EC Etapa 2000 EURO 4 - 98/69/EC Etapa 2005 EURO 5 - EC 715/2007 EURO 6 - EC 715/2007
Veículos ≤3500 kg	Diesel	Convencional EURO 1 - 93/59/EEC EURO 2 - 96/69/EC EURO 3 - 98/69/EC Etapa 2000 EURO 4 - 98/69/EC Etapa 2005 EURO 5 - EC 715/2007 EURO 6 - EC 715/2007
Veículos >3500 kg	Diesel Rígido ≤ 7,5 Ton Rígido 7,5 - 16 Ton Rígido 16 -32 Ton Rígido > 32 Ton	Convencional EURO 1 - 91/542/EEC EURO 2 - 91/542/EEC EURO 3 - 1999/96/EC EURO 4 - 1999/96/EC EURO 5 - 1999/96/EC EURO 6

## 5.2 Dados do Caso de Estudo

O total da estimativa das emissões é calculado usando os factores de emissão dados pelo programa COPERT IV e o número dos quilómetros efectuados pelos veículos da frota da empresa João Alberto Matos, Lda.

De modo a que as estimativas de emissões fossem o mais real possível, contabilizaram-se todos os litros de combustível consumidos por cada veículo da frota e todos os quilómetros efectuados pelos mesmos nos anos do estudo (2006, 2007, 2008 e 2009). Na Tabela 7 pode ser visto um excerto desse levantamento referente ao mês de Janeiro de 2009. Todos os dados completos referentes aos consumos e quilómetros efectuados pelos veículos da frota encontram-se em anexo (ANEXO A.1).



Tabela 7 – Consumo de combustível das viaturas da frota.

Ano: 2009		
Mês: Janeiro		
Viatura	Litros	Número de quilómetros percorridos
64-37-LH	34	233067
02-13-MN	64	695742
24-BQ-09	46	79429
64-68-RD	47	279289
96-EM-28	71	107297
64-37-LH	41	233357
91-80-RN	42	315962
91-80-RN	114	316501
27-53-UV	45	127185
84-FQ-01	84	17173
48-60-LG	163	394760
SI-96-33	177	830183
96-EM-28	75	108541
64-68-RD	69	280132
64-37-LH	62	235408
62-83-FU	68	154531
02-13-MN	138	696770

Depois de efectuado este levantamento, foi calculada através da equação 2 a média real de consumo a cada 100 km de cada veículo da frota.

$$M_{consumo_i} = \frac{Litros_{consumidos_{ij}}}{Km_{efectuados_{ij}}} \times 100 \quad (2)$$

onde,

$M_{consumo_i}$ : Média do consumo de combustível do veículo  $i$  a cada 100 km

$Litros_{consumidos_{ij}}$ : Quantidade de litros consumidos pelo veículo  $i$  num determinado trajecto  $j$

$Km_{efectuados_{ij}}$ : quilómetros efectuados pelo veículo  $i$  num determinado trajecto  $j$

O total das emissões poluentes de um veículo é calculado pela soma das emissões a quente, emissões a frio e emissões de evaporação do combustível. Quando se faz referência a um motor, já estão englobadas todas as tecnologias impostas pelas normas Euro em vigor, no ano do motor em questão. Assim, a estimativa total das emissões pode ser calculada pela equação 3:

$$E_{TOTAL} = E_{QUENTE} + E_{FRIO} + E_{EVAPORAÇÃO} \quad (3)$$

onde,

$E_{TOTAL}$ : Total das emissões de qualquer poluente

$E_{QUENTE}$ : Emissões durante a fase de funcionamento do motor a quente

$E_{FRIO}$ : Emissões durante a fase de funcionamento do motor a frio

$E_{EVAPORAÇÃO}$ : Emissões de evaporação do combustível

Como este trabalho visa tratar as emissões de uma frota automóvel de uma empresa de pronto-socorro em que todos os veículos, incluindo os ligeiros de passageiros, estão constantemente em actividade, considera-se que as emissões a frio são negligenciáveis, pois, embora seja nesta altura que o motor polui mais, estas emissões tornam-se insignificantes para a estimativa total. Também as emissões de evaporação não foram consideradas porque todos os veículos, incluindo os ligeiros de passageiros, são a diesel, pelo que não se consegue quantificar as emissões de evaporação [35].

São consideradas emissões a quente, as que ocorrem quando o motor opera a uma determinada temperatura estabilizada. Neste trabalho serão consideradas as emissões a quente de CO, NOx, VOC e PM. Estas emissões dependem de uma variedade de factores que incluem a distância percorrida, a velocidade média, a idade (norma Euro do motor), peso bruto e o consumo. Outro dos aspectos a ter em conta é a carga de cada veículo e o declive da estrada. Nos veículos de mercadorias da frota em estudo, podem ser combinadas entre si até três cargas e cinco declives. A carga considerada pode variar entre 0% (veículo sem carga), 50% (veículo com metade da carga) e 100% (veículo carregado com o peso máximo). No respeitante ao declive da estrada, foram utilizados os declives -6%, -2%, 0%, 2% e 6%. Nos veículos ligeiros de passageiros da frota da empresa não é considerada qualquer carga nem qualquer declive, uma vez que não se possuem dados sobre a influência destas duas variáveis, no consumo e nas emissões. Na Figura 11, encontra-se um esquema da metodologia de cálculo.

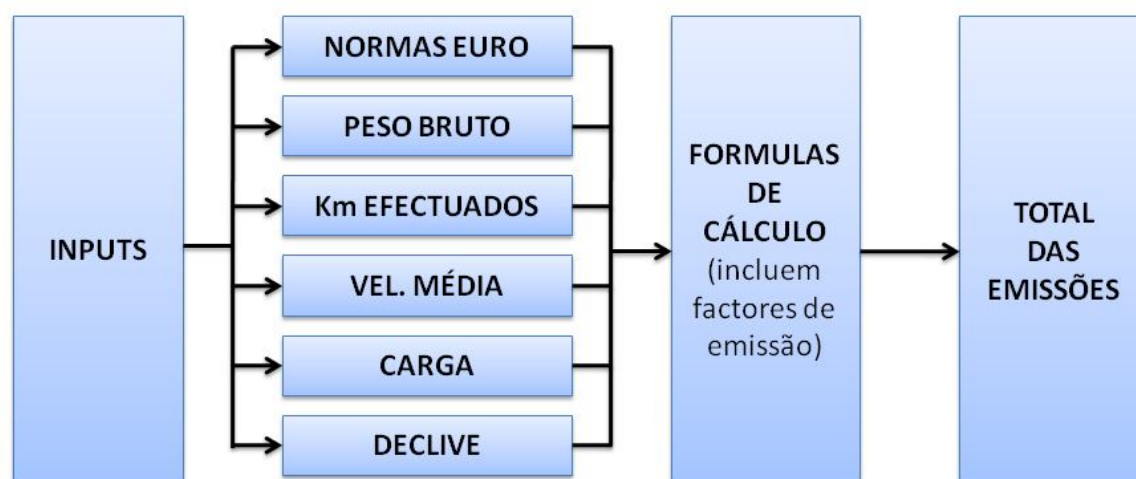


Figura 11-Esquema da aplicação da metodologia de cálculo das emissões.

A fórmula básica para estimar as emissões a quente usando os factores de emissão é dada pela equação 4:

$$E_i = FE_i \times N^{\circ} \text{Veículos}_k \times \text{Distância} \quad (4)$$

onde,

$E_i$ : Emissões do poluente  $i$  num dado período de tempo [g]

$FE_i$ : Factor de emissão do poluente  $i$  [g/km]

$N^{\circ} \text{Veículos}_k$ : Número de veículos abrangidos pela norma Euro  $k$

$\text{Distância}$ : Distância percorrida por veículo [km]

Ao contrário da distância percorrida e da velocidade média da viagem que têm de ser introduzidas na interface gráfica, os factores de emissão já se encontram nas fórmulas utilizadas no programa GesFleet.

A velocidade média dos veículos tem uma grande influência nas emissões de gases de escape de um veículo. De modo a facilitar os cálculos e pela impossibilidade de saber em que tipo de estradas os veículos se deslocam em todas as suas viagens, foi adoptada a velocidade média da viagem.

Para saber a velocidade média das viagens recorreu-se aos relatórios do sistema de GPS instalados em cada viatura da frota com diferentes normas Euro. Na Figura 12 pode ver-se um desses resumos diários do sistema GPS, as restantes velocidades médias encontram-se em anexo (Anexo A.2). As viaturas ligeiras de passageiros e as viaturas com mais de 16t não estão equipadas com este sistema. Neste caso, admitiu-se uma velocidade média dentro dos limites das velocidades permitidas pelo código da estrada, para cada tipo de viatura.



Figura 12-Resumo diário do sistema GPS utilizado numa viatura da frota.

As emissões de CO<sub>2</sub> são estimadas apenas no consumo de combustível, admitindo que todo o carbono contido no combustível é oxidado em CO<sub>2</sub>.

A razão de átomos de hidrogénio para átomos de carbono é calculada pela equação 5:

$$r_{H:C} = 11.916 \times \left( \frac{h}{c} \right) \quad (5)$$

onde,

$r_{H:C}$ : Razão de átomos de hidrogénio para átomos de carbono presentes no combustível

$h$ : Átomos de hidrogénio

$c$ : Átomos de carbono

No caso do diesel a  $r_{H:C} = 2$  [35]. Neste caso, a massa de CO<sub>2</sub> emitida pelos veículos calcula-se pela equação 6:

$$E_{CO_2i} = 44.011 \times \left( \frac{CC_i}{12.011 + 1.008 \times r_{H:C}} \right) \quad (6)$$

onde,

$E_{CO_2i}$ : Massa de CO<sub>2</sub> emitida pelo veículo  $i$  [g/l]

$CC$ : Consumo de combustível do veículo  $i$  [g/l]

Todas as fórmulas usadas no cálculo das emissões dos gases poluentes estudados encontram-se em anexo (ANEXO A.3).

As fórmulas usadas são baseadas em vários pressupostos. Com o desgaste do motor e dos vários dispositivos de combate às emissões ligados a este, é natural que o valor das emissões se altere, aumentando. As fórmulas utilizadas não fazem a correcção dos valores obtidos nos cálculos no que respeita a este pressuposto.

Também a especificação do combustível utilizado tem influência nas emissões. A partir do ano 2000, a União Europeia passou a controlar a qualidade do combustível, obrigando a vários melhoramentos, de modo a diminuir a quantidade de substâncias pesadas presentes neste. No ano 2005, foi imposta uma especificação nos combustíveis, que ainda hoje se encontra em vigor. Na Tabela 8 encontram-se as diferenças entre as especificações do diesel no ano 2000 e a partir de 2005.

**Tabela 8-Diferentes especificações do combustível diesel [35].**

<b>Propriedades</b>	<b>Diesel 2000</b>	<b>Diesel 2005</b>
Número de Cetano [-]	53	53
Densidade a 15°C	840	835
T <sub>95</sub> [°C]	330	320
PAH [%]	7	5
Enxofre [ppm]	300	40
Total de aromáticos [%]	26	24

A empresa João Alberto Matos, Lda devido ao seu elevado consumo de combustível, possui um tanque próprio para abastecimento de combustível, sendo o gasóleo fornecido por uma empresa do sector de distribuição de produtos petrolíferos. Na Figura 13 encontram-se as especificações do combustível utilizado pela empresa.

Valores típicos			-
PRODUTO:			Gasóleo
	Método de ensaio	Unidades	
Estado físico			liquido
Cor			âmbar claro
Odor			semelhante a gasóleo
Densidade a 15°C	ASTMD 1298	kg/m³	800 - 890
Viscosidade a 40°C	ASTMD 445	mm²/s	1 - 6
Ponto de ebulição/intervalo	ASTMD 86	°C	160 - 385
Ponto de inflamação (vaso fechado)	ASTMD 93	°C	>56
Limites de explosividade (superior e inferior)		%	0.6 - 6.5
Coefficiente de partição		Log10Pow	>3
Solubilidade em água		g/l	baixa solubilidade

Figura 13-Especificações do gasóleo fornecido à empresa João Alberto Matos, Lda [36].

Outro aspecto a ter em conta no que concerne à correcção das emissões é como já foi descrito atrás, a carga que o veículo transporta e os quilómetros que o veículo percorre carregado. Este factor tem uma influência relativamente elevada nos consumos e emissões. Neste caso as fórmulas utilizadas calculam os consumos e emissões para diferentes cargas e declives de estrada.

### 5.3 Estrutura da aplicação

#### 5.3.1 – Bases de Dados

Nos dias de hoje, a informação assume uma importância cada vez maior. Ela torna-se fundamental na tomada de decisões por parte de qualquer pessoa em qualquer situação. Isto leva a que a quantidade de informação e a sua proveniência sejam tidas em conta. A informação deve ser exacta e relevante para que as decisões sejam as melhores possíveis.

Para esta Dissertação de Mestrado foi usada e tratada toda a informação relativa a consumos de combustível e deslocações, obtida pela empresa João Alberto Matos, Lda durante os anos de 2006, 2007, 2008 e 2009.

Assim, a estratégia de obtenção de informação passou por duas fases. A primeira, foi garantir que a informação era real e relevante para os objectivos propostos com este trabalho. Para isso foram consultados todos os registos da empresa presentes no seu arquivo. A segunda fase da obtenção da informação necessária passou por transferir todos os dados do arquivo, que se encontravam em papel, para o computador. Desta forma pretendia-se que os dados fossem tratados mais rápida e facilmente, como o cálculo da média real de consumo dos veículos que constituem a frota da empresa.

Depois de reunida toda a informação relevante a ser utilizada, passou-se à elaboração de uma base de dados, necessária para o correcto funcionamento da interface gráfica a construir.

Uma base de dados (BD) é um local onde é possível armazenar dados em tabelas de maneira estruturada, de modo a criar uma informação, sendo geralmente mantida e acedida através de um software “Sistema de Gestão de Bases de Dados” (SGBD). Uma BD permite colocar dados à disposição dos utilizadores para consulta, permitindo a sua actualização sempre que necessário, sendo isto de extrema utilidade quando os dados são muito numerosos.

A BD está directamente ligada à aplicação desenvolvida, uma vez que os dados armazenados serão utilizados por essa aplicação. Por esta razão é necessário que se saiba exactamente como vai ser construída a aplicação gráfica e quais as suas características, para que não existam falhas na conexão entre a BD e a interface gráfica.

Depois de determinados todos os requisitos necessários, procede-se à elaboração da BD. Na construção de uma BD é necessário que se siga um Modelo de Dados que a administre. O Modelo de Dados é basicamente um conjunto de conceitos utilizados para descrever uma BD [37]. Existem vários modelos com este propósito [38]:

**Modelo Orientado ao Registo:** São modelos que representam esquematicamente as estruturas das tabelas de forma bastante próxima à existente fisicamente, onde

basicamente são apresentados os registos de cada tabela. O Modelo Relacional, o Modelo de Rede e o Hierárquico são alguns exemplos deste tipo de representação.

**Modelo Semântico:** São modelos onde existe uma representação explícita das entidades e relacionamentos. O Modelo Entidade-Relação e o Funcional, são exemplos deste tipo de abordagem.

**Modelo Orientado ao Objecto:** São modelos que procuram representar as informações através dos conceitos típicos da Programação Orientada ao Objecto, utilizando o conceito de Classes que irão conter os objectos. Os Modelos O2 e o de Representação de Objectos são exemplos típicos desta abordagem [37].

De todos estes modelos o mais usado é o Modelo Relacional, desenvolvido por Edgar Frank Codd [39], é uma ferramenta de modelação importante porque os seus conceitos básicos são simples e gerais e porque o seu desenho não depende de nenhum tipo de programa informático.

O objecto fundamental deste modelo, como o seu próprio nome indica, é a relação. O Modelo Relacional apresenta os dados como um conjunto de relações e tem um sólido fundamento teórico, com base na Teoria Matemática dos Conjuntos e na Álgebra Relacional, sendo independente das linguagens de programação, dos sistemas de gestão de BD e dos sistemas operativos dos computadores [40].

Este modelo tem por características básicas a Organização de Dados, a Integridade e a Manipulação.

A nível da Organização de Dados, este modelo apresenta 5 conceitos:

- **Domínio**, é o conjunto de valores permitidos para um dado, podendo ser domínios básicos (ex: *inteiro* ou *string*), domínios compostos (ex: *data* ou *hora*) ou ainda domínios definidos (ex:  $[0, 100]$ ). Para um domínio existem operações válidas, no caso de ser *inteiro* pode ser usada a soma, a divisão,  $i_1$  maior que  $i_2$ ,  $i_1$  menor que  $i_2$ .
- **Atributo**, é um item da BD que possui um nome e um domínio.
- **Tuple**, é uma entrada de uma dada tabela, devendo ser compatível com o domínio ou *NULL* (valor inexistente ou indeterminado).
- **Relação**, é composta por um cabeçalho, em que pode ou não haver um número fixo de atributos, e por um corpo, em que o número de *tuples* é variável e a sua ordem não é relevante, sendo que na teoria uma relação é um conjunto de *tuples*.
- **Chave**, é o conjunto de um ou mais atributos de uma relação. Existem quatro tipos de chaves, a chave candidata, chave primária, chave alternativa e chave estrangeira. No entanto só a chave primária e a chave estrangeira são relevantes para a BD elaborada nesta Dissertação. A chave primária (PK) é a chave seleccionada de entre as diversas



chaves candidatas para efectivamente identificar cada *tuple*. A chave estrangeira (FK) é um atributo que designa um *tuple* numa outra relação.

No que diz respeito à Integridade existem várias consistências básicas na identificação dos dados das tabelas para que haja garantia de acesso a todos esses dados sem ambiguidade através da Regra de Integridade de Identidade. Esta regra diz-nos que dado um *tuple*  $t_i$  de uma relação R, o valor de cada atributo que compõe a chave primária  $t_i$  deve ser diferente de NULL e que não pode existir um outro *tuple*  $t_j$  em R com o mesmo valor da chave primária  $t_i$ . Outra das consistências da Integridade garante que os relacionamentos sejam válidos, através da Regra de Integridade Referencial, que nos mostra que uma FK associada a um *tuple*  $t_i$  pode ser igual a NULL se somente os atributos da FK não fizerem parte da PK de  $t_i$ , ou então que, FK pode ser diferente de NULL se e só se existir um *tuple*  $t_k$  na relação referenciada tal que a PK de  $t_k$  possuir o mesmo valor da FK e de  $t_i$ .

Para que se percebam mais facilmente estas regras, a Figura 14 mostra o diagrama relacional utilizado na BD "ReboquesMatos" deste projecto.

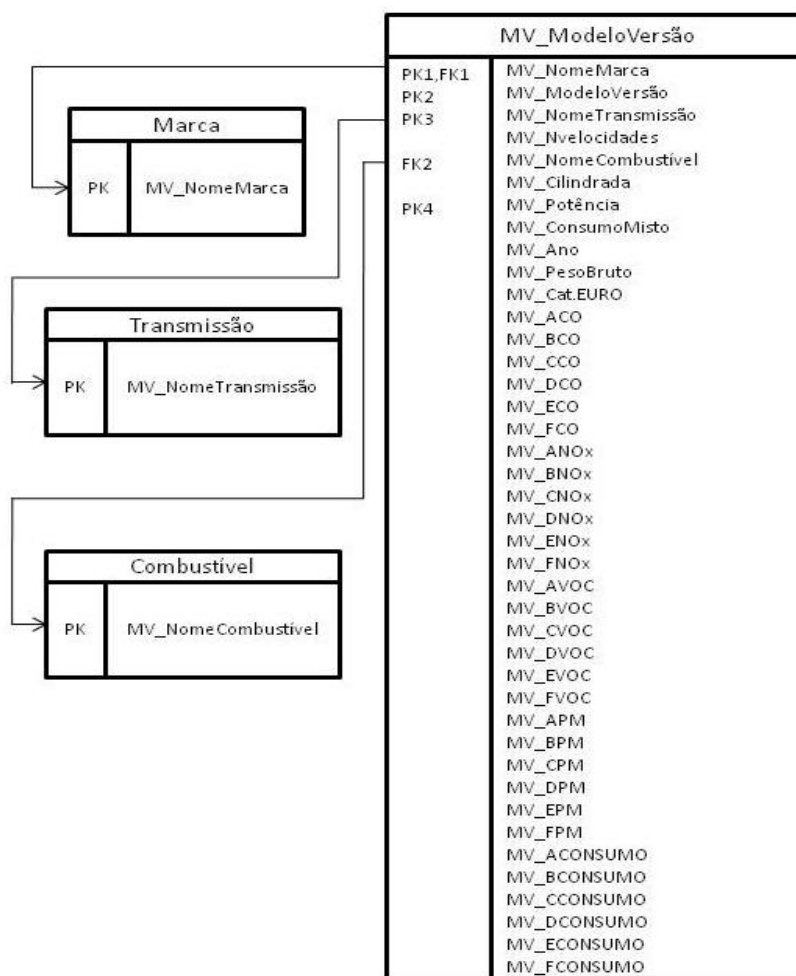


Figura 14-Diagrama relacional da BD "ReboquesMatos".

Para que se consiga aceder ao conteúdo de uma BD é necessário comunicar com ela, da forma mais concisa e precisa possível, de modo a obter a informação pretendida. Aqui chegamos ao último *item* do Modelo Relacional, a Manipulação da BD. Esta manipulação pode ser feita através de linguagem SQL (*Structured Query Language*). Nesta Dissertação foi usada a SQL, uma vez que é considerada a linguagem standard pela *International Organization for Standardization* (ISO) desde 1987 [41]. SQL é uma linguagem declarativa, ou seja, apenas é necessário dizer que informação se quer da BD e esta ser-nos-á mostrada [42].

Este tipo de linguagem pode ser um pouco mais lenta a executar as operações, mas é muito mais flexível, uma vez que os seus dados são conhecidos pelo nome e não através da sua posição física de armazenamento em disco.

Através da linguagem SQL torna-se possível [43]:

- Criar, Alterar ou Remover os componentes das tabelas de uma BD;
- Inserir, Apagar e Alterar dados das tabelas;
- Interrogar a BD;
- Garantir a integridade dos dados;

A linguagem SQL tem 5 vertentes que englobam vários comandos e cláusulas, sendo que as 3 vertentes seguintes são as mais usadas na elaboração de BD:

- DML (*Data Manipulation Language*) – Principais comandos: SELECT, INSERT, DELETE, UPDATE;
- DDL (*Data Definition Language*) – Principais comandos: CREATE, DROP, ALTER;
- DCL (*Data Control Language*) – Principais comandos: GRANT, REVOKE;

Para a elaboração da BD “ReboquesMatos” não foram necessários todos os comandos atrás mencionados. Somente os comandos SELECT, UPDATE e CREATE foram utilizados. O comando CREATE utilizou-se para criar todas as tabelas presentes na BD por uma questão de organização, uma vez que essas tabelas também podem ser criadas pelo SGBD. O comando SELECT foi usado para colocar as “questões” (*queries*) à BD, o comando UPDATE usou-se para modificar algumas das linhas criadas inicialmente nas tabelas.

No que diz respeito às cláusulas, as mais importantes e usadas neste projecto foram: FROM, WHERE, DISTINCT e ORDER BY. A cláusula FROM está ligada às tabelas especificando quais as tabelas envolvidas na *query*. A WHERE traduz a expressão lógica que define a condição a verificar. A utilização da cláusula DISTINCT permite evitar que apareçam resultados repetidos. A cláusula ORDER BY define o modo como se quer

ordenar os dados nas colunas, podendo ser de forma alfabética ascendente “ASC” ou descendente “DESC”.

O SGBD utilizado nesta Dissertação foi o *MySQL 5* [44]. Este é um dos mais rápidos programas para servidores SQL no mercado. Além de fornecer vários recursos não existentes noutros servidores, o *MySQL* tem a vantagem de ser totalmente gratuito, tanto para uso comercial, como para uso privado. O principal objectivo da equipa de desenvolvimento do *MySQL* era criar um servidor rápido e robusto. Isto levou a que este servidor tenha a capacidade de lidar com um número ilimitado de utilizadores, tenha a capacidade de manipular mais de 50 milhões de registos e tenha um sistema de segurança simples e funcional [45].

Um dos aspectos a que se deve ter extrema atenção quando se definem os campos de uma tabela na BD é o tipo de dados que se pretende armazenar, isto é, se são dados numéricos ou dados *string* (caractères). Estes tipos de dados ocupam diferentes espaços de armazenamento. Neste caso os numéricos ocupam menos espaço, logo será mais rápida a sua recuperação quando se formula uma “questão” à BD. Na Figura 15 pode ser consultado o espaço de armazenamento que cada tipo de dados ocupa [46].

Data Type	Storage Required
<b>CHAR</b> ( <i>N</i> )	<i>N</i> × <i>P</i> bytes, 0 ≤ <i>N</i> ≤ 255, where <i>P</i> is the number of bytes required for the maximum-length character in the character set
<b>BINARY</b> ( <i>N</i> )	<i>N</i> bytes, 0 ≤ <i>N</i> ≤ 255
<b>VARCHAR</b> ( <i>N</i> ), <b>VARBINARY</b> ( <i>N</i> )	<i>L</i> + 1 bytes if column values require 0 – 255 bytes, <i>L</i> + 2 bytes if values may require more than 255 bytes
<b>TINYBLOB</b> <b>TINYTEXT</b>	<i>L</i> + 1 bytes, where <i>L</i> < 2 <sup>8</sup>
<b>BLOB</b> <b>TEXT</b>	<i>L</i> + 2 bytes, where <i>L</i> < 2 <sup>16</sup>
<b>MEDIUMBLOB</b> <b>MEDIUMTEXT</b>	<i>L</i> + 3 bytes, where <i>L</i> < 2 <sup>24</sup>
<b>LONGBLOB</b> <b>LONGTEXT</b>	<i>L</i> + 4 bytes, where <i>L</i> < 2 <sup>32</sup>
<b>ENUM</b> ( 'value1', 'value2', ... )	1 or 2 bytes, depending on the number of enumeration values (65,535 values maximum)
<b>SET</b> ( 'value1', 'value2', ... )	1, 2, 3, 4, or 8 bytes, depending on the number of set members (64 members maximum)

Figura 15-Tipo de caracteres (*string*) do *MySQL* e tamanho de armazenamento ocupado [46].

Para todos os campos numéricos usados nas tabelas da BD, foi adicionada a especificação **UNSIGNED**. Esta opção autoriza apenas números positivos numa coluna da tabela, permitindo também que esses campos numéricos tenham um valor mais alto, transformando o espaço de armazenamento dos números negativos em espaço de armazenamento para números positivos, conseguindo-se assim o dobro desse espaço. Esta opção foi de grande importância para definir o valor das variáveis usadas nas fórmulas de cálculo dos GEE, uma vez que esses valores são muito grandes englobando vários algarismos. A única desvantagem desta especificação é que ocupa mais espaço em disco.

Não menos importante foi a escolha dos tipos de *string* que melhor se adaptassem à informação a introduzir nas colunas da tabela da BD “ReboquesMatos”.

Aqui podiam ser utilizados dois tipos de dados, o CHAR e o VARCHAR. Optou-se por utilizar o CHAR, que apesar de ser um tipo de dados que ocupa sempre o mesmo espaço em disco independentemente da quantidade de caracteres que se introduzam torna-se mais rápido que o VARCHAR, que se ajusta à quantidade de caracteres introduzidos. De cada vez que se coloca uma “questão” a uma coluna da tabela da BD que esteja a utilizar o tipo VARCHAR, o software vai ter de calcular o tamanho ocupado pelos caracteres, ao contrário do que acontece com o CHAR que tem sempre o mesmo tamanho, permitindo ao software não “perder tempo” a calcular esse tamanho tornando-se assim mais rápido, ao contrário do que podia parecer [46].

Uma referência final para a coluna “MV\_TM\_NomeTransmissão” que especifica o tipo de transmissão que cada veículo possui. Aqui foi usado o tipo de dados ENUM, que possibilita somente o uso dos caracteres definidos, neste caso “A” quando a transmissão do veículo é automática ou “M” para quando a transmissão é manual.

Na Figura 16 podem ser vistos alguns dos campos atrás mencionados aquando da elaboração da tabela “MV\_ModeloVersão” da BD “ReboquesMatos” e na Figura 17 está um exemplo do aspecto da tabela “MV\_ModeloVersão” da base de dados.

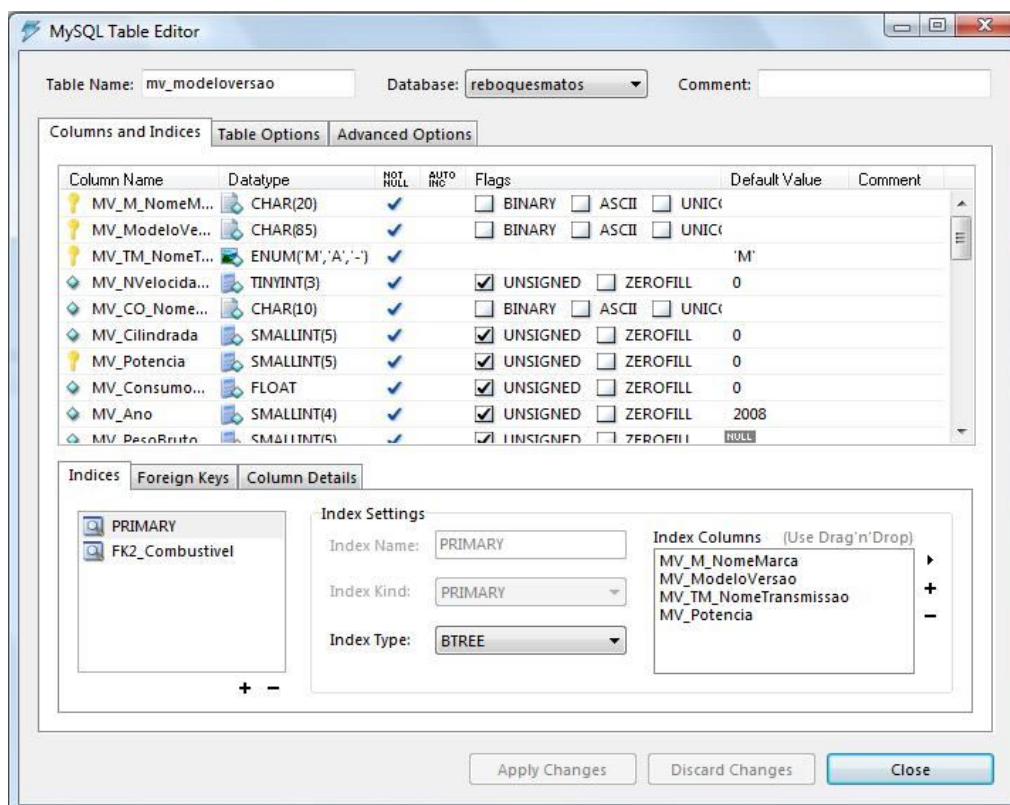


Figura 16-Introdução das colunas da tabela "MV\_ModeloVersão" da base de dados *ReboquesMatos*.

MV_M_NomeMarca	MV_ModeloVersao	MV_...	MV_CD_No...	MV_Cilindrada	MV_Potencia	MV_ConsumoM...	MV_Ano	MV_PesoBruto	MV
AUDI	A4 1.9 TDI - 5P	M	6	DIE	1896	130	5.8	2003	1955
BMW	SERIE 3 - E36 318 TD\$ - 5P	M	5	DIE	1665	90	6.3	1995	1725
CITROEN	BERLINGO 2.1.6 HDI - 2P	M	5	DIE	1868	71	8.1	2003	1755
ISUZU	NKR 150.35/34L	M	5	DIE	2999	150	14.3	2007	3500
ISUZU	NKR 69 LL-5D	M	5	DIE	3059	83	16.2	1997	3500
IVECO	35C 11V B	M	5	DIE	2800	0	14.3	1999	3500
MERCEDES-BENZ	CLASSE C 200 CDi (203004) - 4P	M	6	DIE	2148	122	8.1	2002	1985
MERCEDES-BENZ	CLASSE C 220 CDi (203006) - 4P	M	6	DIE	2148	143	6.9	2001	1985
MERCEDES-BENZ	814D/42.5/1 (670323)	M	5	DIE	4249	0	13.7	1998	7490
MERCEDES-BENZ	1114 K/31 (675042)	M	5	DIE	5958	0	21.8	1995	11000
MITSUBISHI	CANTER (FE659F6SL)	M	5	DIE	3908	0	18.2	2006	7500
MITSUBISHI	CANTER (FE649F4SL)	M	5	DIE	3908	0	15.9	2001	3500
MITSUBISHI	CANTER (FE659H6SL)	M	5	DIE	3908	0	15	2000	7500
MITSUBISHI	CANTER (FH100 HSLAE2)	M	5	DIE	4984	0	19.2	1996	8500
VOLVO	FH12 6x2 420 L2H1	M	6	DIE	12130	420	44.8	1999	26000
VOLVO	F10 - 49 4x2	M	8	DIE	9600	0	45.3	1989	16000
RENAULT	HM 150 08 44	M	6	DIE	4118	0	19.4	2001	8500
RENAULT	S.135 07 A 50 (40 AE A4)	M	5	DIE	4118	0	18.3	1998	7000

Figura 17-Exemplo da tabela "MV\_ModeloVersão" da BD *ReboquesMatos*.

### 5.3.2 – Interface gráfica

Depois de construir a BD, o passo seguinte passou por criar a Interface Gráfica (IFG). Para criar a IFG foi usado o software *Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition* (VB) [20].

Para desenvolver uma aplicação gráfica devem ser seguidas uma série de regras heurísticas como defende Jakob Nielsen [47]. Essas regras são:

- Visibilidade do estado do sistema: o sistema deve sempre manter os utilizadores informados sobre o que está a acontecer;
- Comunicação entre o sistema e o mundo real: o sistema deve usar a linguagem dos utilizadores, com palavras, frases e conceitos familiares ao utilizador;
- Controlo e liberdade do utilizador: os utilizadores escolhem frequentemente funções do sistema por engano, aí é necessário um comando para sair do estado indesejado. Normalmente usa-se um botão "Anular";
- Consistência e padrões: devem ser sempre seguidas as convenções do sistema para evitar que os utilizadores sejam confundidos com várias palavras que signifiquem a mesma coisa ou situações que representem a mesma operação;

- Prevenção do erro: ainda melhor do que boas mensagens de erro é um design cuidadoso que impeça o erro de acontecer;
- Reconhecer em vez de relembrar: devem estar o maior número de objectos visíveis de modo a minimizar a sobrecarga de memória do utilizador. O utilizador não deve ter que lembrar informação de uma janela do programa para outra;
- Flexibilidade e eficiência de utilização: a aplicação deve ser intuitiva e de fácil uso, para que qualquer novo utilizador não tenha dificuldades em usar o programa;
- Estética e design minimalista: a interface não deve conter informação irrelevante e desnecessária;
- Ajude os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros: as mensagens de erro devem ser escritas em linguagem simples, indicar o problema com a maior precisão possível e sugerir uma solução;
- Ajuda e documentação: mesmo que seja melhor que o sistema possa ser usado sem documentação, pode ser necessário fornecer ajuda e documentação. Todas as informações devem ser fáceis de pesquisar indo de encontro às pretensões do utilizador;

Com estes aspectos referidos anteriormente em mente prosseguiu-se para a programação da aplicação que visa estudar os consumos e as emissões da empresa João Alberto Matos, Lda.

Inicialmente procedeu-se à escolha dos objectos a colocar na interface gráfica, bem como o seu posicionamento de forma organizada e simples, para que o programa fosse o mais intuitivo possível. Terminada essa escolha é necessário programar todos esses objectos colocados na IFG para que o utilizador obtenha a informação que procura. Qualquer dúvida que possa aparecer na selecção dos campos por parte do utilizador pode ser desfeita com a consulta dos botões de ajuda (*help*) colocados nos pontos estratégicos e menos intuitivos da aplicação. Um exemplo de como estão distribuídos os objectos na IFG pode ser visto na Figura 18 que representa a janela da comparação directa entre alguns dos veículos diferentes da frota.





Figura 18-Janela da comparação de veículos da frota.

Para que melhor se perceba como funciona a aplicação apresenta-se de seguida todas as janelas que a compõem bem como uma explicação de cada uma.

### 5.3.2.1 – Janela de Início



Figura 19-Janela de Início da aplicação GesFleet.

Esta janela tem como objectivo servir de apresentação à aplicação, sendo a partir daqui que a aplicação tem início “Menu Inicial”. Aqui estão apresentados dois botões “Entrar” e “Sair”. Quando o botão “Sair” é pressionado esta janela é fechada abandonando a aplicação. Quando se pressiona o botão “Entrar”, a aplicação é iniciada e o utilizador é remetido para uma nova janela como vários separadores individuais. O primeiro a aparecer é o separador da “Análise Individual” (Figura 20).



## 5.2.2.2 – Janela de Análise Individual

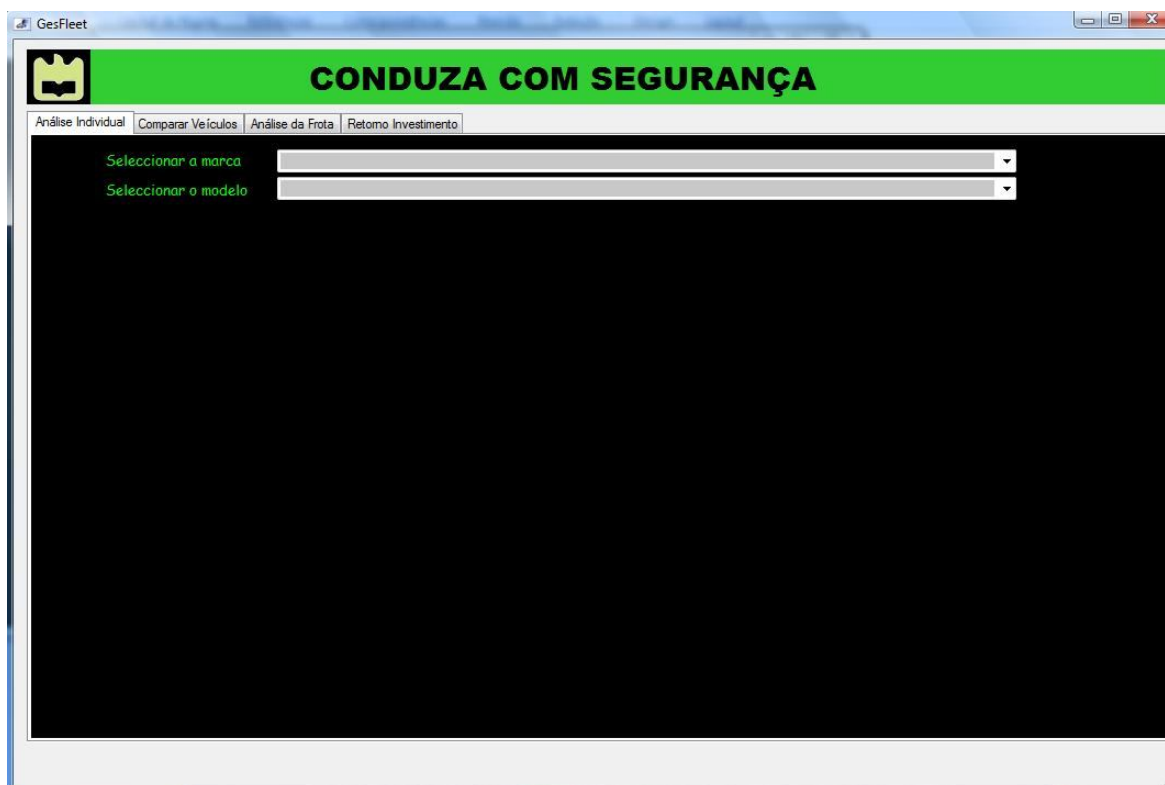


Figura 20-Separador "Análise Individual" do programa GesFleet.

Neste separador é possível calcular os consumos e os gases emitidos por um único veículo da frota. Começa-se por seleccionar a marca e o modelo da viatura pretendida. Quando esta selecção é feita uma *query* é formulada à BD que de seguida devolve as características do veículo como o tipo de combustível, a cilindrada, o peso bruto, a média de consumo, etc. Também fica visível o campo das "Características da Viagem" para ser preenchido pelo utilizador que tem de colocar os quilómetros a efectuar na viagem, bem como a velocidade média a que pretende fazê-la. Ficam também disponíveis os campos para o preenchimento da carga da viatura e o declive da estrada. São também apresentados dois botões "Calcular" e "Limpar" (Figura 21).

Figura 21-Seleção do veículo pretendido no separador "Análise Individual".

Quando forem introduzidos os valores no campo das "Características da Viagem", "Carga" e "Declive" e pressionado o botão "Calcular" o programa vai efectuar os cálculos do consumo de combustível e das emissões na viagem pretendida que serão apresentados sob a forma numérica como se pode ver na Figura 22. Se o utilizador se enganar ou simplesmente quiser alterar o veículo a estudar, pode clicar no botão "Limpar" e todos os campos preenchidos anteriormente serão apagados, podendo ser feita uma nova escolha, repetindo todo o processo.

Figura 22- Apresentação dos resultados da "Análise Individual".

## 5.3.2.3 – Janela de Comparação de Veículos

No separador “Comparar Veículos” poderão ser comparados directamente entre si até cinco veículos. O princípio de funcionamento é semelhante ao descrito no separador “Análise Individual”, sendo as únicas diferenças a apresentação dos resultados, que aqui são apresentados em valor numérico e em forma de barras progressivas para ser mais intuitivo por parte do utilizador a interpretação desses resultados. Também neste separador está incorporado de um “Veredicto”. Esta funcionalidade introduzida permite que o utilizador não tenha dúvidas quanto ao veículo a utilizar numa dada viagem, uma vez que a viatura que melhores resultados apresentar em termos de consumos e emissões estará assinalada com um “v” de cor verde e as outras viaturas aparecerão assinaladas com um “X” a vermelho, aparecendo ainda essa mesma informação em rodapé como mostra a Figura 23.



Figura 23-Apresentação do separador "Comparar Veículos" incluindo resultados.

### 5.3.2.4 – Janela de Análise da Frota

Neste separador é possível fazer uma análise total da frota automóvel da empresa no máximo de 21 viaturas, ou seja, podem ser estudados os veículos como um todo. Pretende-se com a “Análise da Frota” que o gestor da empresa tenha a noção da quantidade de combustível que consome e das emissões que a sua frota produz. Essa análise pode ser feita diariamente, semanalmente, mensalmente ou mesmo anualmente, uma vez que só será necessário, à semelhança das janelas anteriores, introduzir o número de quilómetros que cada veículo circulou no espaço de tempo desejado, a velocidade média das viagens, a carga do veículo e o declive da estrada.

Como no separador “Análise Individual” também aqui os resultados são apresentados sob forma numérica, tendo sido descartados as barras progressivas uma vez que não estavam a ser comparados veículos entre si (Figura 24).

**CONDUZA COM SEGURANÇA**

Análise Individual | Comparar Veículos | **Análise da Frota** | Retorno Investimento

Introduza o número de veículos da frota: 21 Carga [0% ; 50% ; 100%]: 50 Declive [-6% ; -2% ; 0% ; 2% ; 6%]: 0 CONTINUAR

	Km	Vel [km/h]	Marca	Modelo
Veículo 1	24131	85	AUDI	A4 1.9 TDI - 5P
Veículo 2	16716	85	BMW	SERIE 3 - E36 318 TDS - 5P
Veículo 3	21945	80	CITROEN	BERLINGO 2 1.6 HDI - 2P
Veículo 4	3108	57	ISUZU	NKR 150.35/34L
Veículo 5	94174	57	ISUZU	NKR 150.35/34L
Veículo 6	66112	52	ISUZU	NKR 150.35/34L
Veículo 7	33359	57	ISUZU	NKR 69 LL-5D
Veículo 8	3940	70	IVECO	35C 11V B
Veículo 9	1031	45	MERCEDES-BEN	1114 K/31 (675042)
Veículo 10	75447	45	MERCEDES-BEN	814D/42.5/1 (670323)
Veículo 11	34395	85	MERCEDES-BEN	CLASSE C 200 CDI (203004) - 4P
Veículo 12	9577	85	MERCEDES-BEN	CLASSE C 220 CDI (203006) - 4P
Veículo 13	44214	55	MITSUBISHI	CANTER (FE649F4SL)
Veículo 14	43016	55	MITSUBISHI	CANTER (FE659F6SL)
Veículo 15	35713	55	MITSUBISHI	CANTER (FE659H6SL)
Veículo 16	21851	46	MITSUBISHI	CANTER (FH100 HSLAE2)
Veículo 17	30325	46	RENAULT	HM 150 08 44
Veículo 18	21506	59	RENAULT	M180 12C 58C/C (40ACC5)
Veículo 19	63027	46	RENAULT	S.135 07 A 50 (40 AE A4)
Veículo 20	9790	45	VOLVO	F10 - 49 4x2
Veículo 21	3981	45	VOLVO	FH12 6x2 420 L2H1

CALCULAR LIMPAR NOVA FROTA ?

**Consumos e Emissões**

CONSUMO [litros]	CO2 [Ton]	CO [Kg]	NOx [Kg]	VOC [Kg]	PM [Kg]
58203,38	182,62	224,54	1528,18	65,70	32,43

Figura 24-Separador “Análise da Frota” com apresentação de resultados

Foi também adicionado um botão “Nova Frota” para que fosse possível a um utilizador que tenha veículos que não se encontrem inseridos na BD utilizar este programa. Assim pressionando este botão o utilizador é remetido para uma nova janela (Figura 25), onde podem ser introduzidos os veículos em questão, bem como as variáveis necessárias ao cálculo do consumo e das emissões que são a carga, o declive da estrada, o ano de

fabricao, peso bruto, quilómetros percorridos e velocidade média das deslocações. Nesta opção colocou-se um campo "Quantidade", que permite escolher quantos veículos são da mesma categoria. Com isto pretende-se facilitar a tarefa do utilizador na introdução dos veículos, uma vez que a maior parte das frotas automóveis são constituídas por várias viaturas da mesma marca e modelo, evitando assim perdas de tempo desnecessárias.

	Km Percorridos	Vel. Média [Km/h]	Quantidade	Ano	Peso Bruto [Kg]
Veículo 1					
Veículo 2					
Veículo 3					
Veículo 4					
Veículo 5					
Veículo 6					
Veículo 7					
Veículo 8					

Figura 25-Janela "Nova Frota" do programa GesFleet.

Também aqui existem dois botões "Calcular" e "Limpar" que têm as mesmas funções já descritas anteriormente. Quando estiver terminado o processo de introdução dos novos veículos, o utilizador pressiona o botão "Calcular" e são apresentados ao utilizador os resultados individuais e colectivos da sua frota (Figura 26).

Nova Frota

Introduza o número de veículos da frota: 8 Carga [0% ; 50% ; 100%]: 50 Declive [-6% ; -2% ; 0% ; 2% ; 6%]: 0 CONTINUAR LIMPAR

Veículos da Frota

	Km Percorridos	Vel. Média [Km/h]	Quantidade	Ano ?	Peso Bruto [Kg] ?
Veículo 1	100	55	1	≤1992	12000 a 14000
Veículo 2	200	55	1	1993 a 1996	14000 a 20000
Veículo 3	150	55	1	1997 a 2000	20000 a 26000
Veículo 4	230	55	1	2001 a 2005	7500 a 12000
Veículo 5	120	55	1	2006 a 2008	≤7500
Veículo 6	260	55	1	2009 a 2010	ligeiro
Veículo 7	300	55	1	1997 a 2000	12000 a 14000
Veículo 8	450	55	1	2001 a 2005	7500 a 12000

CALCULAR LIMPAR

Consumos e Emissões

	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [Ton]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
Veículo 1	16,83	0,05	0,20	0,84	0,08	0,03
Veículo 2	35,48	0,11	0,25	1,22	0,09	0,05
Veículo 3	32,41	0,10	0,21	1,21	0,05	0,02
Veículo 4	31,86	0,10	0,18	0,85	0,04	0,02
Veículo 5	10,76	0,03	0,00	0,18	0,00	0,00
Veículo 6	0	0	0	0,12	0,00	0,01
Veículo 7	42,80	0,13	0,25	1,58	0,06	0,03
Veículo 8	62,34	0,20	0,36	1,66	0,08	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>232,48</b>	<b>0,72</b>	<b>1,45</b>	<b>7,66</b>	<b>0,40</b>	<b>0,19</b>

Figura 26- Apresentação dos resultados da janela "Nova Frota".

### 5.3.2.5 – Janela de Retorno do Investimento

Numa frota de automóveis, a maior fatia do orçamento é gasta nos combustíveis. Com o sucessivo aumento do preço dos combustíveis os gestores das frotas automóveis têm sido confrontados com novas dificuldades na gestão das suas empresas.

Cada vez mais são procuradas novas alternativas para fazer face a estas despesas. Uma das alternativas mais utilizadas é a troca dos veículos mais antigos por veículos mais modernos. Esta troca deve-se ao facto de que os modelos de veículos mais recentes surgem no mercado equipados com motores tecnologicamente mais desenvolvidos, que consomem menos combustível e emitem menos gases poluentes.

Obviamente a aquisição de viaturas mais recentes obriga a um avultado investimento por parte da empresa, sendo de extrema importância perceber ao final de quanto tempo esse investimento irá ter retorno.

Nesta aplicação foi tida em conta esta problemática, sendo para isso criado um separador "Retorno do Investimento". Neste separador são comparados dois veículos, um mais antigo e outro mais moderno, com diferentes consumos de combustível e diferentes preços. Com isto pretende-se que o gestor da frota verifique ao final de quanto tempo o investimento vai ser amortizado tendo em conta o consumo de combustível. Essa



amortização será apresentada em quilómetros e em tempo, sendo para isso necessário introduzir por parte do utilizador os veículos em questão, os seus consumos, os seus preços, o preço do combustível e os quilómetros anuais que aproximadamente serão realizados pela viatura.

Depois de preenchidos os campos necessários, pressionando o botão "Calcular" o utilizador é informado do consumo de ambos os veículos, bem como da poupança que irá existir em termos de combustível e de dinheiro. Será também informado ao final de quanto tempo e de quantos quilómetros realizados é que o investimento ficará amortizado (Figura 27).

**CONDUZA COM SEGURANÇA**

Análise Individual | Comparar Veículos | Análise da Frota | **Retorno do Investimento**

**Dados dos Veículos**

	Marca	Modelo	Consumo [litros/100Km]	Preço Veículo [€]
Veículo 1	MITSUBISHI	CANTER	20	10000
Veículo 2	ISUZU	NKR	15	14000

Preço Combustível [€] 1 Km Anuais 50000

**CALCULAR** **LIMPAR**

---

**Amortização**

	Consumo [litros]	Custo Combustível [€]	AMORTIZAÇÃO [Km]	AMORTIZAÇÃO [Anos]
Veículo 1	10000	10000.0	80000	1.6
Veículo 2	7500	7500.00		
Poupança	2500	2500.00		

Figura 27- Apresentação de resultados do separador "Retorno do Investimento".





## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da análise efectuada neste caso de estudo, importa referir os factores que influenciam os consumos e as emissões dos veículos que constituem a frota da empresa João Alberto Matos, Lda. Assim, será de realçar que o factor mais importante, para a redução do consumo de combustível e das emissões de gases poluentes, é o factor tecnológico. Recorrendo ao *software* GesFleet, desenvolvido no âmbito desta Dissertação, e fazendo uma pesquisa usando a opção “Comparar Veículos” podemos facilmente concluir que os veículos equivalentes em termos de peso bruto, mas com diferentes normas Euro de motorização têm valores de consumos e emissões muito diferentes, com claro prejuízo para os veículos com motores mais antigos.



Figura 28-Comparação de vários veículos com o mesmo peso bruto mas equipados com motores de diferentes normas Euro.

Como se pode verificar através das tabelas seguintes, onde se encontram todos os resultados obtidos por comparação dos veículos pertencentes ao mesmo segmento mas diferentes motores, os melhores resultados em termos de emissões são apresentados pelos veículos relativos a uma norma Euro mais recente.

Estes resultados foram calculados para um trajecto de 1000 km efectuados a uma velocidade média de 55 km/h, com uma carga de 50% e um declive de 0%, sendo esta distância, velocidade média escolhidos aleatoriamente. A carga e declive escolhidos são devido ao facto de que teoricamente os veículos desta frota só fazem metade da viagem

com carga e como o raio de acção da empresa é a zona de Aveiro, onde não há estradas com declives acentuados.

Tabela 9-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto  $\leq 3500$  kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.

$\leq 3500$ KG							
Veículo	Norma EURO	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [g]
Mitsubishi (FE 444 FXSLEA 1)	PRE	110,71	347,36	1,60	4,27	0,94	288,60
Mitsubishi (FE 444 FXSLEA 6)	1	94,19	295,53	0,54	3,09	0,19	111,30
Isuzu NKR 69 LL	2	90,42	283,70	0,47	3,21	0,13	54,70
Mitsubishi (FE 649 F4SL)	3	95,61	299,99	0,49	2,39	0,11	49,44
Isuzu NKR 150.35	4	89,70	281,44	0,04	1,51	0,01	8,99

Tabela 10-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto entre 3500 e 7500 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.

3500<T $\leq$ 7500							
Veículo	Norma EURO	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [g]
Mitsubishi (FE 444 FXSLEA 1)	PRE	110,71	347,36	1,60	4,27	0,94	288,60
Mitsubishi (FE 659 H6SL)	2	90,42	283,70	0,47	3,21	0,13	54,70
Mitsubishi (FE 659 F6SL)	4	89,70	281,44	0,04	1,51	0,01	8,99

Tabela 11-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto entre 7500 e 12000 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.

7500<T $\leq$ 12000							
Veículo	Norma EURO	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [g]
Mercedes 1114 K/31	1	136,84	429,35	0,86	4,61	0,30	167,61
Renault M180 58C/C	2	132,06	414,35	0,75	4,81	0,19	80,85
Renault HM 150 08 44	3	138,54	434,68	0,79	3,69	0,17	074,90

Tabela 12-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos com peso bruto entre 14000 e 20000 kg e entre 20000 e 26000 kg mas equipados com motores de diferentes normas Euro.

14000<T $\leq$ 26000							
Veículo	Norma EURO	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [g]
Volvo F 10 - 49 4x2	PRE	212,96	668,18	2,62	10,27	1,12	413,70
Volvo FH 12 6x2 420	2	216,08	677,97	1,38	8,06	0,36	138,30

Na Tabela 12, foram comparadas duas viaturas que não fazem parte do mesmo segmento, mas importa compará-las entre si, uma vez que estas viaturas destinam-se ao mesmo tipo de serviço, podendo ser utilizada qualquer uma delas para rebocar camiões.

**Tabela 13-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos ligeiros de mercadorias diesel <3500 kg equipados com motores de diferentes normas Euro.**

LIG. MERCADORIAS							
Veículo	Norma EURO	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [g]
<b>Volkswagen Transporter</b>	PRE	110,71	347,36	1,6	4,27	0,94	288,60
<b>Iveco 35C 11V B</b>	2	90,42	283,70	0,47	3,21	0,13	54,70

**Tabela 14-Resultados das emissões e consumo através da comparação de vários veículos ligeiros de passageiros equipados com motores de diferentes normas Euro.**

LIG. PASSAGEIROS							
Veículo	Norma EURO	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [g]
<b>BMW Serie 3 - E36 318 TDS</b>	1	43,63	136,89	0,29	0,56	0,04	54,22
<b>Audi A4 1.9 TDI</b>	3	44,89	140,85	0,07	0,67	0,01	27,66

A maioria dos valores de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, VOC, PM, bem como o consumo, vão diminuindo à medida que as mais recentes normas Euro vão sendo implementadas. No entanto, existem algumas excepções, como no caso da viatura Mitsubishi (FE 649 F4SL), equipada com um motor norma Euro 3, em que o consumo e o CO<sub>2</sub> são cerca de 5% mais elevados do que os valores da viatura Isuzu (NKR 69 LL), equipada com motor norma Euro 2. Sendo este valor relativamente baixo (<5%) e tendo em conta as aproximações e pressupostos considerados, conclui-se que as emissões se mantêm aproximadamente constantes. Ainda analisando os resultados destas duas viaturas verifica-se também que o veículo com norma EURO 3 emite mais CO do que o veículo de norma EURO 2, mas mais uma vez essa variação não ultrapassa os 5%, considerando-se também que as emissões de CO são constantes.

Também no caso da viatura Renault (HM 150 08 44), norma Euro 3, o consumo, as emissões de CO<sub>2</sub> e CO são mais elevadas do que na viatura equivalente, Renault (M180 58C/C), equipada com motor norma Euro 2. Mas também aqui a variação não ultrapassa os 5%, considerando-se por isso que o consumo e estas emissões são constantes.

Existe ainda o caso de viatura Volvo FH12, que sendo norma Euro 2 apresenta piores resultados em termos de consumo e emissões de CO<sub>2</sub> do que a viatura Volvo F10 que tem norma Pré-Euro. Ainda fazendo parte desta excepção encontra-se a viatura Audi A4 1.9 TDI, norma Euro 3, em que também o consumo e o valor das emissões de CO<sub>2</sub> e de NO<sub>x</sub> é

mais elevado que a viatura correspondente mas de norma Euro 1. Em ambos os casos essa variação mantém-se abaixo dos 5%, logo foram consideradas constantes.

Este facto pode ser explicado pelo facto de que nem todos os motores têm a mesma cilindrada, e mesmo pertencendo ao mesmo segmento de viaturas o seu peso bruto difere em alguns casos. No caso do CO<sub>2</sub> esta diferença fica a dever-se exclusivamente ao maior consumo de combustível por parte da viatura em questão, uma vez que as emissões de dióxido de carbono estão relacionadas com o consumo. Quanto às diferenças entre as emissões de CO e NOx atrás referidas, estas podem resultar da velocidade a que foi feito o teste.

Este facto remete para outra análise, a da velocidade ideal de utilização do veículo. De facto, todos os veículos têm uma velocidade de utilização “óptima”, isto é, há uma velocidade em que os veículos consomem menos combustível e emitem menos gases poluentes.

Para esta análise recorreu-se à opção “Análise Individual” introduzindo o total de quilómetros efectuados no ano de 2009 pela viatura Mitsubishi Canter (FE659H6SL) e analisando os valores das emissões de para diferentes velocidades, nomeadamente, 20, 40, 60, 80, 100 km/h para uma carga de 50% e declive de 0%.

**CONDUZA COM SEGURANÇA**

Análise Individual | Comparar Veículos | Análise da Frota | Retorno Investimento

Selecionar a marca: MITSUBISHI  
 Selecionar o modelo: CANTER (FE659H6SL)

**Características Veículo**

Combustível	Diesel
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	3908
Peso Bruto (Kg)	7500
Potência (cv)	125
Cat. EURO	2
Transmissão	M
Número de Velocidades	5
Ano	2000

**Características da Viagem**

Distância (Km): 35713  
 Vel. Média (Km/h): 60

Carga [0% : 50% : 100%]: 50

Declive da Estrada [-6% : -2% : 0% : 2% : 6%]: 0

**Consumos e Emissões**

CONSUMO [litros]	CO <sub>2</sub> [Kg]	CO [g]	NOx [g]	VOC [g]	PM [g]
3264,71	10243,33	16460,77	116485,69	4201,49	1941,68

Figura 29-Análise Individual de um veículo.

Na Tabela 15 encontram-se os resultados obtidos através desta análise. Encontram-se também a seguir os gráficos das emissões em função da velocidade para um veículo da frota, neste caso, um Mitsubishi Canter (FE 659 H6SL). A totalidade dos resultados colhidos por este método encontram-se em anexo (ANEXO A.4).

Tabela 15-Valores das emissões do veículo Mitsubishi Canter (FE 659 H6SL) para diferentes velocidades na totalidade dos quilómetros efectuados no ano de 2009.

Mitsubishi Canter (FE 659 H6SL)						
Velocidade Média [km/h]	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [Ton]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
20	4276,80	13,42	29,46	147,45	9,97	2,85
40	3311,22	10,39	19,29	114,41	5,87	2,12
60	3264,71	10,24	16,46	116,49	4,2	1,94
80	3705,77	11,63	16,49	127,43	3,44	2,09
100	4909,25	15,40	19,4	140,6	3,1	2,77

Analisando a Figura 30 conclui-se que emissões de CO<sub>2</sub> são elevadas quando as velocidades são muito baixas, diminuindo cerca de 24% até atingir o seu mínimo, que acontece quando o veículo circula perto dos 50 km/h, a partir desta velocidade as emissões aumentam à medida que a velocidade também aumenta.

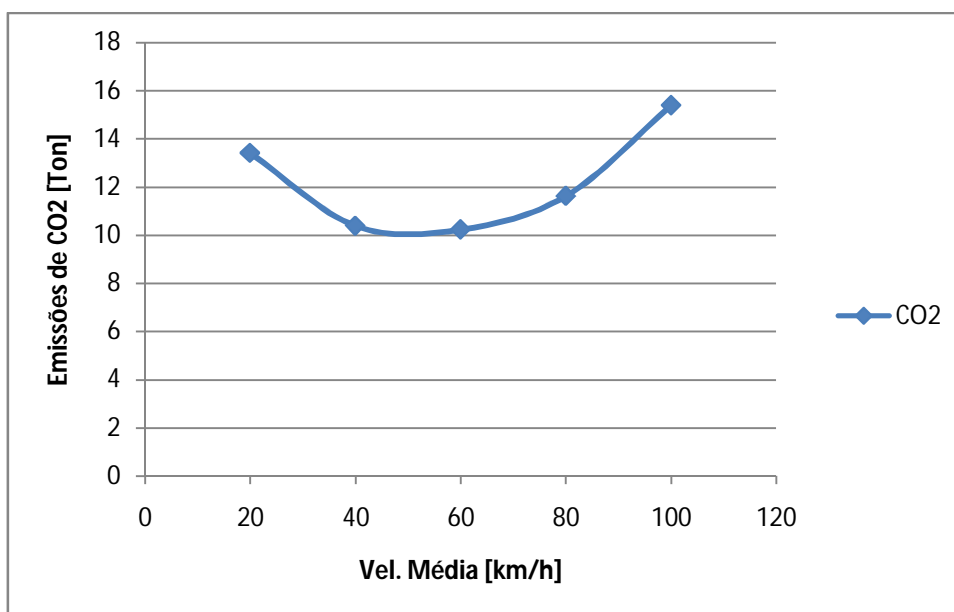


Figura 30-Emissões de CO<sub>2</sub> para diferentes velocidades.

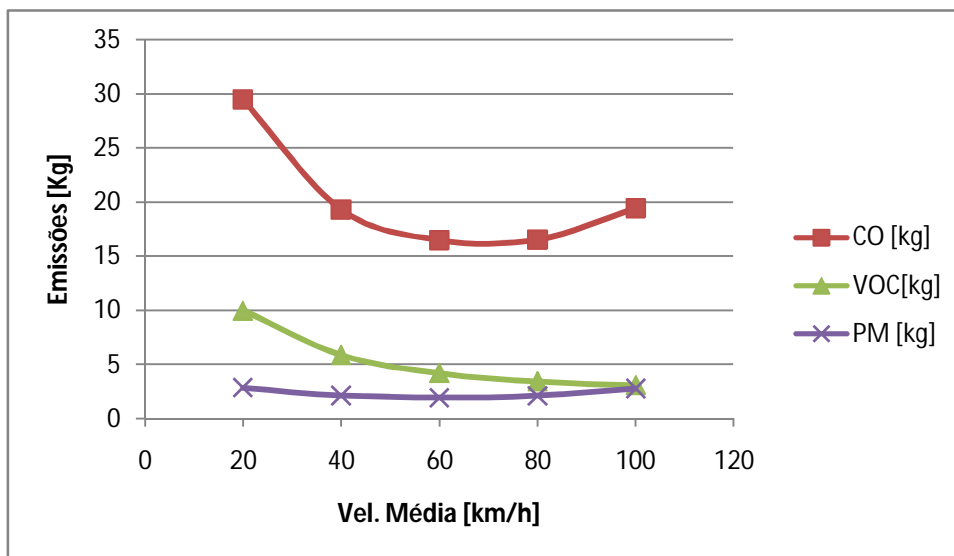


Figura 31 - Emissões de CO, VOC e PM para diferentes velocidades.

Analisando a Figura 31 conclui-se que as emissões de CO também baixam em 44%, assim como as emissões de VOC, que também diminuem em 58%. Estas percentagens de redução de emissões são calculadas tendo por base as emissões a 20 km/h, visto ser a esta velocidade que as emissões são mais elevadas.

À semelhança das emissões anteriores, também as de PM são mais elevadas a baixas velocidades, diminuindo até atingir o seu mínimo, a cerca de 60 km/h, aumentando bastante depois à medida que a velocidade também aumenta. Neste caso a percentagem de variação é de aproximadamente 32%.

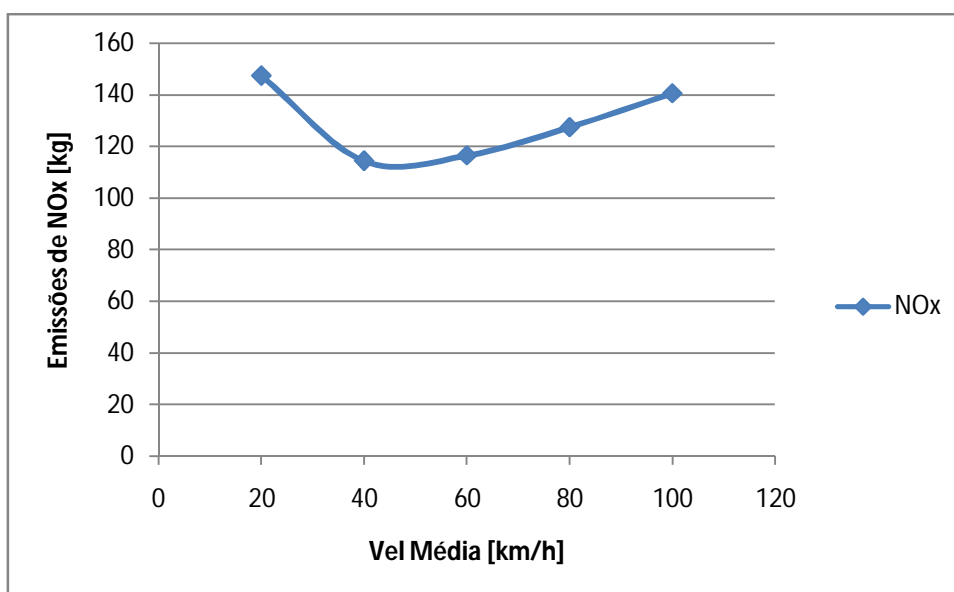


Figura 32 – Emissões de NOx para diferentes velocidades.

As emissões de NO<sub>x</sub> (Figura 32), são as que registam um valor mais elevado, logo a seguir às de CO<sub>2</sub>. Estas emissões são elevadas a baixas velocidades, diminuindo aproximadamente 22,4% até cerca dos 45 km/h, aumentando depois gradualmente à medida que a velocidade também aumenta.

Assim como nas emissões, também o consumo varia com a velocidade da viatura. Na Figura 33 podemos ver a influência da velocidade no consumo do veículo estudado.

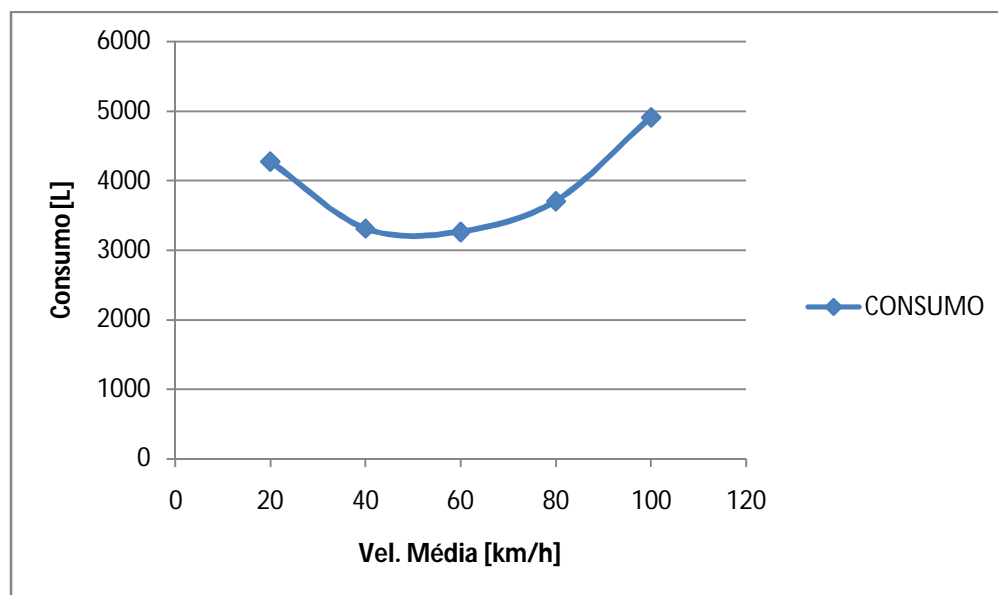


Figura 33 - Consumo de combustível para diferentes velocidades.

Através da análise das figuras anteriores pode concluir-se que existe uma velocidade diferente em que a emissão de cada poluente é mínima. Assim, verifica-se que no conjunto de todas as emissões a velocidade ideal de utilização para o veículo Mitsubishi Canter (FE 659 H6SL) será aproximadamente 60 km/h. Este teste foi efectuado considerando que o veículo tinha 50% de carga e com base em estradas planas, declive 0%, não se considerando o efeito dos declives presentes nas estradas. Será importante realçar também que as fórmulas usadas não consideram o efeito das acelerações e desacelerações.

Para fazer a análise total da frota pode usar-se a opção "Análise da Frota", Figura 34, do *software* GesFleet, em que são introduzidos todos os veículos da frota, os respectivos quilómetros efectuados no ano em questão e as velocidades médias de condução, a carga, bem como o declive da estrada. Todos os resultados obtidos através desta análise encontram-se em anexo (ANEXO A.5).



Figura 34-Análise total da frota de veículos recorrendo à opção "Análise da Frota" do software GesFleet.

Recorrendo a esta opção e definindo a carga 50% e o declive 0%, obtiveram-se os seguintes valores, para os diferentes anos em que foi efectuado o estudo, apresentados na Tabela 16.

Tabela 16-Valores obtidos pelo software GesFleet na análise total da frota para o ano de 2006, 2007, 2008 e 2009.

	Quilómetros percorridos	Consumo [litros]	CO2 [Ton]	CO [kg]	NOx [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
2006	617537	62291,48	195,45	462,51	1963,16	194,32	76,15
2007	598322	56518,44	177,33	282,64	1642,74	87,79	42,60
2008	583737	49992,22	156,86	199,97	1329,80	58,03	28,02
2009	657358	58203,38	182,62	224,54	1525,18	65,70	32,43

Através da interpretação destes valores e tendo por base o ano 2006, podemos concluir que os valores do consumo e das emissões têm vindo a diminuir nos anos de 2007 e 2008.



Esta situação seria de esperar, visto neste dois anos terem sido percorridos menos quilómetros do que em 2006.

Em 2009, a distância percorrida foi superior em 39821 quilómetros em relação a 2006, mas mesmo assim o consumo e as emissões foram menores. Para se perceber melhor esta redução, na Tabela 17 são apresentadas as percentagens de redução dos consumos e emissões para os anos de 2007, 2008 e 2009, em relação ao ano de 2006.

**Tabela 17-Percentagem da redução do consumo e das emissões dos anos 2007, 2008 2009 em relação ao ano 2006.**

	Consumo [%]	CO2 [%]	CO [%]	NOx [%]	VOC [%]	PM [%]
2007	9	9	39	16	55	44
2008	20	20	57	32	70	63
2009	7	7	51	22	66	57

Importa referir que estes valores apresentados são valores teóricos, calculados pelo *software* GesFleet, com base nas fórmulas utilizadas pelo COPERT IV. Assim, e depois de se ter consultado os arquivos da empresa e se ter procedido ao levantamento real do combustível consumido pela frota, conclui-se que existem algumas diferenças entre o valor real e o valor teórico dos consumos (Tabela 18). Esta diferença pode ter origem nas diferentes variáveis presentes nas fórmulas usadas, como a velocidade de deslocação, carga e o declive das estradas, bem como no tipo de condução de cada motorista (acelerações e desacelerações), ou ainda nas diferentes condições que ocorrem em cada serviço efectuado pelas viaturas da frota.

**Tabela 18-Consumo real e teórico dos veículos da frota.**

Ano	Consumo Real [L]	Consumo Teórico [L]	Diferença [L]	Diferença [%]
2006	111531	62291,48	49239,52	44,15
2007	102987	56518,44	46468,56	45,12
2008	89320	49992,22	39327,78	44,03
2009	103701	58203,38	45497,62	43,87

Também os valores das emissões de CO<sub>2</sub> diferem, perante esta diferença de consumos, nas mesmas percentagens, isto acontece devido ao facto das emissões de CO<sub>2</sub> serem directamente proporcionais ao consumo de combustível.

De realçar que as diferenças entre os consumos e as emissões de CO<sub>2</sub> reais e teóricas são bastante elevadas. Uma situação que ajuda a justificar esta diferença é a carga do veículo e o declive da estrada, como foi descrito anteriormente considerou-se neste teste uma carga constante de 50% e um declive de 0%. Optou-se por esta carga e declive pelo facto de que os veículos fazem cerca de metade das deslocações vazios e a outra metade com carga aproximadamente 100%. Esta situação nem sempre é real, visto que o peso dos carros rebocados não é sempre o mesmo, variando de carro para carro.

Uma outra situação de grande importância para estas diferenças é o excessivo tempo que os veículos trabalham ao ralenti. Isto deve-se ao facto de todos os reboques desta frota estarem equipados com guinchos hidráulicos, e que necessitam que o veículo esteja a trabalhar para que se possa puxar as viaturas sinistradas. Quanto maior for a aceleração do motor, mesma quando o veículo está parado, mais rápido o guincho puxa a viatura sinistrada para cima do reboque.

Depois de efectuadas todas as combinações possíveis, entre carga e declive, podemos concluir que a melhor opção será a combinação carga 100% e declive 2% (Tabela 19) uma vez que é nesta opção que os resultados teóricos se aproximam mais dos resultados reais em termos de consumo.

**Tabela 19 – Valores obtidos pelo software GesFleet na análise total da frota com carga 100% e declive 2% para os anos de 2006, 2007, 2008 e 2009.**

	Quilómetros	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [Ton]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
2006	617537	103653,90	325,22	621,21	3280,70	202,00	101,07
2007	598322	98947,50	310,46	417,99	2910,57	104,13	63,53
2008	583737	90818,58	284,95	305,82	2459,80	71,11	42,43
2009	657358	102384,10	321,24	333,22	2725,18	78,26	47,66

Como mostra a Tabela 20, os valores obtidos pela simulação do programa GesFleet com a carga 100% e declive 2% aproximam-se bastante dos valores reais do consumo de combustível dos veículos da frota da empresa João Alberto Matos, Lda. Embora no ano de 2006 essa diferença ainda seja de 7%, tem tendência a ser cada vez menor, chegando em 2009 ao seu valor mais baixo, onde o consumo teórico e real difere apenas em 1%.

**Tabela 20 – Consumo real e teórico dos veículos da frota para carga 100% e declive 2% nos anos 2006, 2007, 2008 e 2009.**

Ano	Consumo Real [L]	Consumo Teórico [L]	Diferença [L]	Diferença [%]
2006	111531	103653,90	7877,10	7
2007	102987	98947,50	4039,50	4
2008	89320	90818,58	-1498,58	-2
2009	103701	102384,09	1316,91	1

O *software* desenvolvido permite também calcular qual o tempo necessário para que uma empresa tenha o retorno do investimento da compra de um veículo mais recente em detrimento de um mais antigo, através da poupança em termos de consumo de combustível.

Recorrendo à opção "Retorno do Investimento" do programa GesFleet, é possível calcular qual o tempo, em anos, ou ao fim de quantos quilómetros esse investimento está amortizado. Para isso, basta introduzir no programa o preço dos dois veículos, o consumo médio de cada um, o preço do combustível e a estimativa dos quilómetros efectuados anualmente pelo veículo.

Depois de uma pesquisa de preços de duas viaturas semelhantes no peso bruto e na cilindrada, recorrendo a esta opção é facilmente calculado o tempo que vai demorar a amortizar a diferença de preço através do consumo de combustível entre os dois veículos. A análise comparativa foi efectuada entre duas viaturas de marcas diferentes. Na Tabela 21, encontram-se os parâmetros das duas viaturas necessários ao cálculo.

**Tabela 21 – Dados referentes às viaturas a utilizar na opção "Retorno Investimento".**

Marca	Modelo	Preço [€]	Consumo [L]	Quilómetros anuais
Mitsubishi	Canter	17000	18,00	60000
Isuzu	NKR 150	22211	15,00	60000

Utilizando estes valores, chega-se à conclusão que quem optar pelo veículo mais dispendioso em termos de preço, mas mais económico no consumo de combustível, terá o retorno do seu investimento ao fim de 4,3 anos ou ao final de 259254 km.

Depois de analisar os resultados finais pode concluir-se quais os veículos mais económicos e menos poluentes presentes na frota da empresa. Na Tabela 22 encontram-se os veículos que emitem menos CO, NOx, VOC e PM para cada categoria. Neste teste considerou-se a carga 100% e o declive 2%, uma vez que, como já foi verificado atrás, esta é a melhor combinação entre resultados teóricos e reais.

**Tabela 22-Veículos da frota que emitem menos CO, NOx, VOC e PM.**

Categoria	Veículo	Norma Euro	CO [g/km]	NOx [g/km]	VOC [g/km]	PM [g/km]
Ligeiro Passageiros	Audi A4 1.9 TDI	3	0,02	0,69	0,01	0,04
Ligeiro Mercadorias	Iveco 35C 11V B	2	0,57	5,30	1,14	0,08
3500 kg	Isuzu NKR 150.35	4	0,05	2,53	0,01	0,01
3500 a 7500 kg	Mitsubishi (FE 659 F6SL)	4	0,06	2,52	0,01	0,01
7500 a 12000 kg	Renault HM 150 08 44	3	1,14	6,69	0,22	0,11
14000 a 26000 kg	Volvo FH 12 6x2 420	2	2,40	17,80	0,50	0,28

Através da análise da tabela anterior verifica-se, como seria de esperar, que estes veículos correspondem às normas Euro mais recentes.

Na Tabela 23 encontram-se os veículos que apresentam melhores resultados em termos de consumo e emissões de CO<sub>2</sub>, sendo estes valores reais. O consumo real foi obtido através da consulta dos dados da empresa (Anexo A.1) e as emissões de CO<sub>2</sub> real foram calculadas analiticamente com base na Fórmula 6, já analisada atrás.

**Tabela 23-Veículos da frota que apresentam consumo e emissões de CO<sub>2</sub> mais baixos em valores reais.**

Categoria	Veículo	Norma Euro	Consumo [Litros/100km]	CO <sub>2</sub> [g/km]
Ligeiro Passageiros	Audi A4 1.9 TDI	3	6,3	165
Ligeiro Mercadorias	Iveco 35C 11V B	2	12,5	327
3500 kg	Isuzu NKR 150.35	4	15,2	398
3500 a 7500 kg	Mercedes 814 D	2	14,3	375
7500 a 12000 kg	Renault HM 150 08 44	3	20,2	529
14000 a 26000 kg	Volvo FH 12 6x2 420	2	44,8	1174

Através da análise da tabela anterior verifica-se que os melhores resultados em cada segmento de viaturas são apresentados pela viatura equipada com motor de norma EURO mais recente, à excepção do segmento de peso bruto de 3500 a 7500 kg. Este facto pode ter origem nos motores, uma vez que as cilindradas são diferentes, logo vai haver uma diferença no consumo de combustível, e como as emissões de CO<sub>2</sub> dependem apenas do consumo, também estas emissões serão diferentes. Outro aspecto muito importante a ter sempre em conta para estas diferenças é o tipo de condução de cada motorista, o que pode levar a que haja alterações nos consumos de cada veículo.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O objectivo principal deste trabalho foi conseguido, uma vez que o programa GesFleet, surge, em conjunto com a base de dados “ReboquesMatos”, como uma ferramenta de apoio aos gestores das empresas de transportes.

Esta aplicação é de fácil utilização por parte de qualquer indivíduo, esteja ele familiarizado ou não com este tipo de *software*, uma vez que é bastante intuitivo, sendo este um dos aspectos tidos mais em atenção aquando da programação. Para ajudar a qualquer dificuldade que ocorra por parte do utilizador são também disponibilizados os menus de ajuda, que explicam com mais detalhe o que realmente é pedido pelo programa.

Quanto à base de dados, também aqui foi atingido o objectivo inicialmente proposto, uma vez que esta permite qualquer actualização necessária, sem que para isso seja obrigatório mudar a programação do *software*.

As informações fornecidas por este *software* permitem não só ajudar a escolher o veículo mais adequado a um determinado trajecto, em termos de consumos e emissões, mas também consciencializar o utilizador para a problemática da poluição atmosférica, consumo de combustível e da mobilidade urbana.

Depois de analisados todos os resultados podemos concluir que os melhores veículos, mais económicos e menos poluentes são, salvo raras excepções, aqueles que possuem motores com norma EURO mais recente.

Outra conclusão importante é que para a empresa estudada, os melhores resultados teóricos de consumo e emissões, quando comparados com os resultados reais, alcançados pelo *software* GesFleet são obtidos quando se considera a carga 100% e o declive 2%.

As diferenças entre os resultados teóricos e reais podem ter várias origens. A mais importante é o estilo de condução dos motoristas. Aqueles que privilegiam um estilo de condução suave, em detrimento de uma condução com acelerações e desacelerações bruscas, obtém melhores resultados de consumo e emissões, sendo que este facto não se pode simular com este *software*.

Outro dos aspectos a ter em conta em relação às diferenças entre os resultados teóricos e reais é o facto de todos os veículos de serviço de pronto-socorro estarem equipados com guinchos hidráulicos. Para que estes guinchos trabalhem para puxar os carros para cima do reboque é necessário que o veículo esteja a trabalhar ao ralenti, e quanto mais acelerado estiver o motor mais rápido o guincho trabalha sendo que esta situação é bastante penalizadora para os consumos e emissões.

Da interpretação dos dados obtidos da empresa caso de estudo e da análise dos resultados obtidos verifica-se que no ano de 2009 houve um aumento dos quilómetros efectuados pelos veículos da frota (realizaram-se mais 39821 quilómetros do que em 2006). Seria de esperar que este aumento de quilómetros efectuados leva-se a um aumento do consumo de combustível, mas foi precisamente o contrário que se verificou, com uma diminuição do consumo de 7830 litros. Esta redução no consumo de combustível leva a uma diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> de 3,98 toneladas.

Também as emissões de CO foram reduzidas em 288 kg, assim como as emissões de NOx que sofreram uma redução de 555 kg. As emissões de VOC também foram reduzidas em 124 kg, bem como as de PM, que em 2009 foram 53 kg mais baixas do que em 2006.

A renovação da frota é a principal causa destas reduções no consumo e nas emissões, uma vez que entre 2006 e 2009 a maior parte das viaturas mais antigas foram substituídas por viaturas mais modernas, equipadas com motores de norma EURO mais recente, logo mais económicas e menos poluentes.

Com este trabalho não significa que tanto o *software* GesFleet, como a BD “ReboquesMatos” estejam no limite das suas capacidades. Pode-se facilmente melhorar o conteúdo da BD, bem como proceder-se à introdução de novos parâmetros de cálculo no *software*, como a influência das acelerações e travagens dos veículos no consumo e nas emissões, sendo este um ponto de partida para trabalhos futuros.

Também como incentivo para trabalhos futuros pode ser a colocação de uma imagem a corresponder ao veículo a consultar, com o objectivo de tornar mais fácil a utilização do *software* a qualquer indivíduo.

Outra sugestão seria o aperfeiçoamento da base de dados, introduzindo novos veículos, e também do programa em termos de poluentes, ou seja, a introdução de novos poluentes na análise das emissões de modo a dar uma ideia mais real da poluição originada pelos veículos.

Um outro trabalho passaria pela implementação do *software* GesFleet em php (página de internet dinâmica) e colocação da base de dados num servidor, passando o *software* a ser uma página de internet dinâmica disponível *online* no site do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro ficando deste modo mais facilmente ao alcance de qualquer cidadão.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EEA (2009). *Indicators tracking transport and environment in the European Union. Transport at a Crossroads*. <http://www.eea.europa.eu/publications/transport-at-a-crossroads>. Acedido a 04-06-2010.
2. BCSD Portugal (2010). *Concelho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável*. <http://www.bcsdportugal.org/>. Acedido em 29-01-2010.
3. Nunes, R. S. (2003). *Transportes e ambiente à escala nacional e local – promoção da Eco-condução no concelho de Oeiras*. Semana Europeia da Mobilidade, 16-21 de Setembro de 2003.
4. ISV (2010). *Imposto Sobre Veículos*. <http://impostosobreveiculos.info/>. Acedido em 10-02-2010.
5. EEA (2009). *COPERT Computer programme to calculate emissions from road transport*. European Environment Agency (EEA). <http://lat.eng.auth.gr/copert/>. Acedido em 01-02-2009.
6. Livro Branco (2010). *A política Europeia de transportes no horizonte 2010*. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0370:PT:HTML>. Acedido em 21-03-2010.
7. EEA (2010). *O ambiente na Europa - Situações e perspectivas 2005*. [http://www.eea.europa.eu/pt/publications/state\\_of\\_environment\\_report\\_2005\\_1](http://www.eea.europa.eu/pt/publications/state_of_environment_report_2005_1). Acedido em 21-03-2010.
8. EEA (2010). *Maps and Graphs*. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures#c15=all&c5=&c9=&c0=15>. Acedido em 22-03-2010.
9. Coelho, M. C. (2008). *Cap.2 – Situação actual dos transportes*. Elementos de estudo da disciplina Energia, Mobilidade e Transportes. Universidade de Aveiro. Acedido em 22-03-2010.
10. CONFAGRI (2003). *Ar - Instrumentos adoptados*. Instrumentos Internacionais. <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Ar/TextoSintese/MedidasTomadas/>. Acedido em 05-04-2010.
11. Coelho, M. C. (2008). *Cap.3 – Tecnologia dos Veículos Rodoviários*. Elementos de estudo da disciplina Energia, Mobilidade e Transportes. Universidade de Aveiro. Acedido em 04-04-2010.
12. Inside Line (2010). *Edmunds Inside Line – Diesel Do Nicely*. <http://www.insideline.com/features/diesel-do-nicely.html>. Acedido em 04-04-2010.
13. Peugeot (2010). *Filtro de Partículas (F.A.P.)*. <http://www.descobrirpeugeot.com/content/view/162/167/>. Acedido em 06-04-2010.

14. GFORUM (2010). *Portal das tecnologias - Exhaust Gas Recirculation*. <http://www.gforum.tv/board/937/35550/egr.html>. Acedido em 05-04-2010.
15. Biodiesel (2010). *Pacific Biodiesel*. <http://www.biodiesel.com/>. Acedido em 05-04-2010.
16. Coelho, M.C. (2008). *Cap.7 – Futuro nos transportes*. Elementos de estudo da disciplina Energia, Mobilidade e Transportes. Universidade de Aveiro. Acedido em 05-04-2010.
17. APVE (2003). *Como funcionam os Veículos Eléctricos Híbridos*. Associação Portuguesa do Veículo Eléctrico. <http://www.apve.pt/content01.asp?treeID=07&categoriaID=6&newsID=94>. Acedido em 08-04-2010.
18. Volvo Trucks (2010). *Volvo Hybrid Concept*. [http://www.volvotrucks.com/trucks/uk-market/en-gb/aboutus/Environment/Volvo\\_FM\\_Hybrid\\_Concept/fe\\_hybrid/pages/Volvo\\_FE\\_Hybrid.aspx](http://www.volvotrucks.com/trucks/uk-market/en-gb/aboutus/Environment/Volvo_FM_Hybrid_Concept/fe_hybrid/pages/Volvo_FE_Hybrid.aspx). Acedido em 06-04-2010.
19. Nissan (2010). *Nissan Green Program*. [http://www.nissanlcv.com/nissan\\_lcv\\_sales\\_progress.php](http://www.nissanlcv.com/nissan_lcv_sales_progress.php) Acedido em 06-04-2010.
20. Microsoft (2010). *Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition*. <http://msdn.microsoft.com/en-us/vbasic/default.aspx>. Acedido em 05-02-2010.
21. IMTT (2009). *Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres*. <http://www.imtt.pt/>. Acedido em 26-11-2009.
22. ACAP (2009). – *Associação Automóvel de Portugal*, <http://www.acap.pt/>. Acedido em 26-11-2009.
23. Car Fuel Data (2009). <http://www.vcacarfueldata.org.uk/>. Acedido em 27-11-2009.
24. Whatcar (2009). *New and Used Car Reviews, Car Deals, News & Advice and Free Used Car Valuations*. <http://www.whatcar.com/>. Acedido em 27-11-2009.
25. MOVES (2010). *MOVES - Motor Vehicle Emission Simulator*. <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm>. Acedido em 25-02-2010.
26. MOBILE6.2 (2010). *MOBILE6 - Vehicle Emission Modeling Software*. <http://www.epa.gov/oms/m6.htm>. Acedido em 25-02-2010.
27. Huai, T., Shah, S., Miller, J.W., Younglove, T., Chernich, D.J., Ayala, A. (2005). *Analysis of heavy-duty diesel truck activity and emissions data*. Atmospheric Environment, Volume 40, No 13, pp 2333-2344.
28. Bandivadekar, A., Cheah, L., Evans, C., Groode, T., Heywood, J., Kasseris, E., Kromer, M., Weiss, M. (2007). *Reducing the fuel use and greenhouse gas emissions of the US vehicle fleet*. Energy Policy, Volume 36, No 7, pp 2754-2760.



29. Mazzoleni, C., Kuhns, H., Moosmüller, H., Witt, J., Nussbaum, N., Chang, M., Parthasarathy, G., Nathagoundenpalayam, S., Nikolich, G., Watson, J. (2007). A case study of real-world tailpipe emissions for school buses using a 20% biodiesel blend. *Science of The Total Environ*, Volume 385, No 1-3, pp 146-159. Acedido em 08-06-2010.
30. NAFA (2009). *Fleet Greenhouse Gas Emissions Calculator*. NAFA – Fleet Management Association. <http://www.nafa.org/>. Acedido em 08-06-2010.
31. Smith, R., Smokers, R., Rabé, E. (2007). *A new modelling approach for road traffic emissions: VERSIT+*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 12, No 6, pp 414-422.
32. LS Transportes (2008). Relatório de sustentabilidade 2008. Transportes Luís Simões. <http://www.luis-simoes.pt/>. Acedido em 08-06-2010.
33. Cunha, J., (2008). *GISFROT – Programa de Melhoria da Qualificação dos Motoristas e da Qualidade de Serviço*. Rodoviária de Lisboa. <http://www.rodoviariadelisboa.pt/>. Acedido em 08-06-2010.
34. CARRIS (2008). *Relatório de Sustentabilidade 2008*. <http://www.carris.pt/>. Acedido em 08-06-2010.
35. Ntziachristos, L., Samaras, Z. (2009). *Exhaust emissions from road transport*. Acedido em 10-02-2010.
36. DPP-Portugal. Distribuição de Produtos Petrolíferos, SA. Combustíveis a granel.
37. Surian, J. (2002). *Apostila de banco de dados e SQL*. <http://www.vbweb.com.br/apostilas.asp?Classificacao=3>. Acedido em 03-02-2010.
38. Kroenke, D. M. (1997). *Database Processing: Fundamentals, Design, and Implementation*. Prentice-Hall, Inc. Acedido em 03-02-2010.
39. Codd, E. F. (1970). *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*. Acedido em 03-02-2010.
40. PWM (2010). *Portal Web Marketing – Modelo de Dados Relacional*. [http://www.portalwebmarketing.com/Tecnologia/mdr\\_introducao\\_modelo\\_dados\\_relacional\\_indice/mdr\\_introducao\\_modelo\\_dados\\_relacional/tabid/658/Default.aspx](http://www.portalwebmarketing.com/Tecnologia/mdr_introducao_modelo_dados_relacional_indice/mdr_introducao_modelo_dados_relacional/tabid/658/Default.aspx). Acedido em 03-02-2010.
41. JCC (2006). *JCC Consulting, Inc. – SQL*. <http://www.jcc.com/sql.htm>. Acedido em 17-03-2010.
42. Borges, A. (2009). *Bases de Dados MySQL*. Elementos de estudo da disciplina Informática Industrial. Universidade de Aveiro.
43. PEREIRA, J. L. (1998), *“Tecnologia de Base de Dados”*. FCA. Acedido em 17-03-2010.

44. MySQL 5.0 (2010). *MySQL 5.0 – Source Database*. <http://www.mysql.com/>. Acedido em 05-03-2010.
45. Aroca, R. (2000). *Tutorial – MySQL*. Acedido em 26-02-2010.
46. MySQL 5 (2010). *MySQL 5.0 Reference Manual*. Data Type Storage Requirements. <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/storage-requirements.html>. Acedido em 11-03-2010.
47. Useit (2005). *Useit - Ten Usability Heuristics*. [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_list.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html). Acedido em 15-03-2010.

## Anexos

### A.1 – Consumos de combustível da frota entre 2006 e 2009.

2006		
Matricula	Quilómetros Efectuados	Litros
02-13-MN	80056	17517
64-68-RD	75158	12553
BX-89-48	80680	15837
SI-96-33	9980	4815
65-15-BD	56004	10110
78-69-TF	30293	2260
29-73-FI	18397	3253
19-42-GR	16296	2975
64-65-FE	30467	2093
04-07-GR	51886	12115
91-80-RN	49314	10108
27-53-UV	21445	1780
48-60-LG	19619	5442
62-83-FU	3205	917
59-92-ZU	20349	1447
XU-98-52	2527	186
64-37-LH	50763	7729
24-BQ-09	1098	275
<b>TOTAL</b>	<b>617537</b>	<b>111412</b>

2007		
Matricula	Quilómetros Efectuados	Litros
02-13-MN	71473	14496
64-68-RD	68748	12153
BX-89-48	2901	484
SI-96-33	10512	5075
65-15-BD	24298	4303
78-69-TF	20263	1580
64-65-FE	25154	1743
04-07-GR	64570	13569
91-80-RN	31531	6502
27-53-UV	21477	1769
48-60-LG	16647	4354
62-83-FU	1939	575
59-92-ZU	16323	1166
64-37-LH	88057	12605
24-BQ-09	35128	6769
70-75-PD	47393	8333
95-DQ-14	32037	4742
90-24-VU	8039	549
96-EM-28	11832	2084
<b>TOTAL</b>	<b>598322</b>	<b>102851</b>

2008		
Matricula	Quilómetros Efectuados	Litros
02-13-MN	64555	11829
64-68-RD	41599	6613
SI-96-33	9304	4217
78-69-TF	6404	519
64-65-FE	19957	1265
04-07-GR	9360	1801
91-80-RN	30813	5965
27-53-UV	25877	2095
48-60-LG	30192	6015
62-83-FU	1836	400
59-92-ZU	7693	530
64-37-LH	91961	12603
24-BQ-09	42319	7707
70-75-PD	38528	5782
95-DQ-14	19022	2757
90-24-VU	30364	1747
96-EM-28	94135	13972
86-00-OB	2700	386
82-FX-98	1184	837
84-FQ-01	15934	2160
<b>TOTAL</b>	<b>583737</b>	<b>89200</b>

2009		
Matricula	Quilómetros Efectuados	Litros
02-13-MN	63027	12049
64-68-RD	44214	7494
SI-96-33	9790	4282
78-69-TF	34395	2676
64-65-FE	16716	1120
04-07-GR	21851	4565
91-80-RN	30325	6087
27-53-UV	21945	1816
48-60-LG	21506	5156
62-83-FU	1031	301
59-92-ZU	9577	586
64-37-LH	75447	10595
24-BQ-09	43016	7678
70-75-PD	35713	5834
95-DQ-14	3108	545
90-24-VU	24131	1489
96-EM-28	94174	14017
86-00-OB	3940	419
82-FX-98	3981	1745
84-FQ-01	66112	9676
89-91-JD	33359	5393
<b>TOTAL</b>	<b>657358</b>	<b>103523</b>

## A.2 – Velocidades médias dos veículos da frota.

Veículo	Velocidade média [km/h]
Renault S 135.07	46
Mitsubishi Canter (FE 649F4SL)	55
Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 1)	46
Volvo F 10-49	45
Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 1)	55
Mercedes C 200 CDI	85
Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 6)	55
Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 6)	55
BMW 318 tds	85
Mitsubishi Canter (FH100HSL)	46
Renault HM 150	46
Citroën Berlingo	80
Renault M 180.12 C	59
Mercedes 1114 K/31	45
Mercedes C 220 CDI	85
Volkswagen Transporter	70
Mercedes 814 D	45
Mitsubishi Canter (FE 659F6SL)	55
Mitsubishi Canter (FE659H6SL)	55
Isuzu NKR 150	57
Audi A4 1.9 Tdi	85
Isuzu NKR 150	57
Iveco 35 C 11 V	70
Volvo FH 12	45
Isuzu NKR 150	52
Isuzu NKR 69	57

**A.3 – Fórmulas de cálculo dos poluentes (carga 50%; declive 0%).**

CO			
Marca	Modelo	Matricula	Fórmula
<b>Isuzu</b>	NKR 150	84-FQ-01	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	96-EM-28	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	95-DQ-14	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Isuzu</b>	NKR 69	89-91-JD	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Renault</b>	HM 150	91-80-RN	$((e+(a*\exp(((((-1)^b)*x)))+(c*\exp(((((-1)^d)*x))))$
<b>Renault</b>	S 135.07	02-13-MN	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Renault</b>	M 180.12 C	48-60-LG	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 659F6SL)	24-BQ-09	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 649F4SL)	64-68-RD	$((e+(a*\exp(((((-1)^b)*x)))+(c*\exp(((((-1)^d)*x))))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE659H6SL)	70-75-PD	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FH100HSL)	04-07-GR	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Volvo</b>	FH 12 6x2	82-FX-98	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Volvo</b>	F 10-49 4x2	SI-96-33	$((e+(a*\exp(((((-1)^b)*x)))+(c*\exp(((((-1)^d)*x))))$
<b>Mercedes</b>	814 D	64-37-LH	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Mercedes</b>	1114 K/31	62-83-FU	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Iveco</b>	35 C 11 V	86-00-OB	$(1/(((c*(x^2))+(b*x))+a))$
<b>Mercedes</b>	C 200 CDI	78-69-TF	$(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mercedes</b>	C 220 CDI	59-92-ZU	$(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Citroën</b>	Berlingo	27-53-UV	$(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Audi</b>	A4	90-24-VU	$(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>BMW</b>	318 tds	64-65-FE	$(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	29-73-FI	$((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp(((((-1)^d)*x))))/d))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	19-42-GR	$((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp(((((-1)^d)*x))))/d))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	BX-89-48	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	65-15-BD	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Volkswagen</b>	Transporter t4	XU-98-52	$(a+(b/(1+\exp(((((-1)^c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$

Em que a, b, c, d, e, f são variáveis obtidas do programa COPERT IV, e em que x e V são a velocidade de deslocação da viatura.



Nox			
Marca	Modelo	Matricula	Fórmula
<b>Isuzu</b>	NKR 150	84-FQ-01	$y=((a*(b^x))^*(x^c))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	96-EM-28	$y=((a*(b^x))^*(x^c))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	95-DQ-14	$y=((a*(b^x))^*(x^c))$
<b>Isuzu</b>	NKR 69	89-91-JD	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Renault</b>	HM 150	91-80-RN	$y=((e+(a*\exp((-1)^b*x)))+(c*\exp((-1)^d*x)))$
<b>Renault</b>	S 135.07	02-13-MN	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Renault</b>	M 180.12 C	48-60-LG	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 659F6SL)	24-BQ-09	$y=((a*(b^x))^*(x^c))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 649F4SL)	64-68-RD	$y=((a*(x^b))+c*(x^d))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE659H6SL)	70-75-PD	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FH100HSL)	04-07-GR	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Volvo</b>	FH 12 6x2	82-FX-98	$y=((e+(a*\exp((-1)^b*x)))+(c*\exp((-1)^d*x)))$
<b>Volvo</b>	F 10-49 4x2	SI-96-33	$y=((e+(a*\exp((-1)^b*x)))+(c*\exp((-1)^d*x)))$
<b>Mercedes</b>	814 D	64-37-LH	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mercedes</b>	1114 K/31	62-83-FU	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Iveco</b>	35 C 11 V	86-00-OB	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mercedes</b>	C 200 CDI	78-69-TF	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mercedes</b>	C 220 CDI	59-92-ZU	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Citroën</b>	Berlingo	27-53-UV	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Audi</b>	A4	90-24-VU	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>BMW</b>	318 tds	64-65-FE	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	29-73-FI	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	19-42-GR	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	BX-89-48	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	65-15-BD	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$
<b>Volkswagen</b>	Transporter t4	XU-98-52	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)^d*x))/d)))$

Em que a, b, c, d, e, f são variáveis obtidas do programa COPERT IV, e em que x e V são a velocidade de deslocação da viatura.

VOC			
Marca	Modelo	Matricula	Fórmula
<b>Isuzu</b>	NKR 150	84-FQ-01	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	96-EM-28	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	95-DQ-14	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Isuzu</b>	NKR 69	89-91-JD	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Renault</b>	HM 150	91-80-RN	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Renault</b>	S 135.07	02-13-MN	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Renault</b>	M 180.12 C	48-60-LG	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 659F6SL)	24-BQ-09	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 649F4SL)	64-68-RD	$y=\exp((a+(b/x))+c*\ln(x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE659H6SL)	70-75-PD	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FH100HSL)	04-07-GR	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Volvo</b>	FH 12 6x2	82-FX-98	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Volvo</b>	F 10-49 4x2	SI-96-33	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Mercedes</b>	814 D	64-37-LH	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mercedes</b>	1114 K/31	62-83-FU	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Iveco</b>	35 C 11 V	86-00-OB	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mercedes</b>	C 200 CDI	78-69-TF	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mercedes</b>	C 220 CDI	59-92-ZU	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Citroën</b>	Berlingo	27-53-UV	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Audi</b>	A4	90-24-VU	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>BMW</b>	318 tds	64-65-FE	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	29-73-FI	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	19-42-GR	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	BX-89-48	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	65-15-BD	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Volkswagen</b>	Transporter t4	XU-98-52	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$

Em que a, b, c, d, e, f são variáveis obtidas do programa COPERT IV, e em que x e V são a velocidade de deslocação da viatura.

PM			
Marca	Modelo	Matricula	Fórmula
<b>Isuzu</b>	NKR 150	84-FQ-01	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	96-EM-28	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Isuzu</b>	NKR 150	95-DQ-14	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Isuzu</b>	NKR 69	89-91-JD	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Renault</b>	HM 150	91-80-RN	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Renault</b>	S 135.07	02-13-MN	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Renault</b>	M 180.12 C	48-60-LG	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)*d)*x)))/d))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 659F6SL)	24-BQ-09	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 649F4SL)	64-68-RD	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE659H6SL)	70-75-PD	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FH100HSL)	04-07-GR	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Volvo</b>	FH 12 6x2	82-FX-98	$y=((a+(b*x))+(((c-b)*(1-\exp((-1)*d)*x)))/d))$
<b>Volvo</b>	F 10-49 4x2	SI-96-33	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mercedes</b>	814 D	64-37-LH	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Mercedes</b>	1114 K/31	62-83-FU	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Iveco</b>	35 C 11 V	86-00-OB	$y=(1/(((c*(x^2)))+(b*x))+a))$
<b>Mercedes</b>	C 200 CDI	78-69-TF	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mercedes</b>	C 220 CDI	59-92-ZU	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Citroën</b>	Berlingo	27-53-UV	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Audi</b>	A4	90-24-VU	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>BMW</b>	318 tds	64-65-FE	$y=(a+c*V+e*V^2)/(1+b*V+d*V^2)+f/V$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	29-73-FI	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 6)	19-42-GR	$y=(a+(b/(1+\exp(((((-1)*c)+(d*\ln(x)))+(e*x))))))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	BX-89-48	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Mitsubishi</b>	Canter (FE 444 FX 1)	65-15-BD	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$
<b>Volkswagen</b>	Transporter t4	XU-98-52	$y=((e+(a*\exp((-1)*b)*x)))+(c*\exp((-1)*d)*x))$

Em que a, b, c, d, e, f são variáveis obtidas do programa COPERT IV, e em que x e V são a velocidade de deslocação da viatura.

#### A.4 – Resultados obtidos através da opção “Pesquisa Individual” (carga 50%; declive 0%).

Marca	2006					
	Consumo [L]	CO <sub>2</sub> [Ton]	CO [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
<b>Renault S 135.07</b>	15931,14	41,74	40,42	253,8	11,71	4,54
<b>Mitsubishi Canter (FE 649F4SL)</b>	12776,86	33,47	37,29	179,36	8,54	3,72
<b>Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 1)</b>	14538,54	38,09	142,69	341,42	90,09	25,57
<b>Volvo F 10-49</b>	4630,72	12,13	29,85	108,55	13,09	4,71
<b>Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 1)</b>	10091,92	26,44	89,73	239,34	52,76	16,16
<b>Mercedes C 200 CDI</b>	2362,85	6,19	0,73	28,85	0,39	1,07
<b>Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 6)</b>	3305,94	8,66	9,88	56,85	3,63	2,05
<b>Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 6)</b>	2928,39	7,67	8,75	50,36	3,22	1,81
<b>BMW 318 tds</b>	2041,29	5,35	5,65	18,32	0,81	2,41
<b>Mitsubishi Canter (FH100HSL)</b>	10947,95	28,68	49,17	242,31	18,09	9,69
<b>Renault HM 150</b>	9961,43	26,09	44,58	188,92	9,89	4,16
<b>Citroën Berlingo</b>	1758,49	4,61	0,63	14,53	0,22	0,71
<b>Renault M 180.12 C</b>	4787,04	12,54	14,3	94,17	3,62	1,58
<b>Mercedes 1114 K/31</b>	874,96	2,29	3,08	15,02	1,14	0,61
<b>Mercedes C 220 CDI</b>	1383,73	3,63	0,49	14,01	0,26	0,72
<b>Volkswagen Transporter</b>	185,99	0,49	3,68	11,59	1,88	0,67
<b>Mercedes 814 D</b>	7259,11	19,02	25,88	161,01	7,56	2,9
<b>Mitsubishi Canter (FE 659F6SL)</b>	220,7	0,58	0,04	1,66	0,006	0,01

Marca	2007					
	Consumo [L]	CO2 [Ton]	CO [kg]	NOx [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
<b>Renault S 135.07</b>	14223,13	37,26	36,08	226,59	10,46	4,05
<b>Mitsubishi Canter (FE 649F4SL)</b>	11687,16	30,62	34,11	164,06	7,81	3,39
<b>Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 1)</b>	522,76	1,37	5,13	12,28	3,24	0,92
<b>Volvo F 10-49</b>	4877,57	12,78	31,44	114,34	13,79	4,97
<b>Mitsubishi Canter (FE 444 FXSLEA 1)</b>	4378,5	11,47	38,94	103,84	22,89	7,01
<b>Mercedes C 200 CDI</b>	1580,51	4,14	0,49	13,95	0,26	0,72
<b>BMW 318 tds</b>	1685,32	4,42	4,67	15,13	0,67	1,99
<b>Mitsubishi Canter (FH100HSL)</b>	13624,27	35,69	61,19	301,55	22,52	12,05
<b>Renault HM 150</b>	6369,26	16,69	28,5	120,79	6,33	2,66
<b>Citroën Berlingo</b>	1761,11	4,61	0,63	14,55	0,22	0,71
<b>Renault M 180.12 C</b>	4061,87	10,64	12,14	79,9	3,07	1,34
<b>Mercedes 1114 K/31</b>	529,35	1,39	1,86	9,09	0,69	0,37
<b>Mercedes C 220 CDI</b>	1109,96	2,91	0,39	11,24	0,21	0,58
<b>Mercedes 814 D</b>	12592,15	32,99	44,9	279,29	13,12	5,02
<b>Mitsubishi Canter (FE 659F6SL)</b>	7060,73	18,5	1,41	53,01	0,19	0,32
<b>Mitsubishi Canter (FE659H6SL)</b>	7725,06	20,24	22,35	152,14	5,98	2,59
<b>Isuzu NKR 150</b>	4869,62	12,76	1,26	48,55	0,17	0,28
<b>Audi A4 1.9 Tdi</b>	506,46	1,33	0,19	5,53	0,08	0,28
<b>Isuzu NKR 150</b>	1798,46	4,71	0,47	17,93	0,06	0,1

Marca	2008					
	Consumo [L]	CO2 [Ton]	CO [kg]	NOx [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
<b>Renault S 135.07</b>	12846,44	33,66	32,59	204,66	9,44	3,66
<b>Mitsubishi Canter (FE 649F4SL)</b>	7071,83	18,53	20,64	99,27	4,72	2,06
<b>Volvo F 10-49</b>	4317,06	11,31	27,83	101,2	12,2	4,39
<b>Mercedes C 200 CDI</b>	499,51	1,31	0,15	4,41	0,08	0,22
<b>BMW 318 tds</b>	1337,12	3,5	3,7	12	0,53	1,58
<b>Mitsubishi Canter (FH100HSL)</b>	1974,96	5,17	8,87	43,71	3,26	1,75
<b>Renault HM 150</b>	6224,23	16,31	27,86	118,04	6,18	2,59
<b>Citroën Berlingo</b>	2121,91	5,56	0,75	17,53	0,26	0,86
<b>Renault M 180.12 C</b>	7366,85	19,3	22,01	144,91	5,56	2,43
<b>Mercedes 1114 K/31</b>	501,23	1,31	1,76	8,6	0,65	0,35
<b>Mercedes C 220 CDI</b>	523,12	1,37	0,19	5,3	0,1	0,27
<b>Mercedes 814 D</b>	13150,42	34,45	46,89	291,67	13,7	5,25
<b>Mitsubishi Canter (FE 659F6SL)</b>	8506,12	22,29	1,7	63,86	0,23	0,38
<b>Mitsubishi Canter (FE659H6SL)</b>	6280,06	16,45	18,17	123,68	4,86	2,11
<b>Isuzu NKR 150</b>	2891,34	7,58	0,75	28,83	0,1	0,17
<b>Audi A4 1.9 Tdi</b>	1912,93	5,01	0,73	20,9	0,3	1,07
<b>Isuzu NKR 150</b>	14308,52	37,49	3,7	142,65	0,5	0,82
<b>Iveco 35 C 11 V</b>	337,5	0,88	1,22	9,18	0,28	0,15
<b>Volvo FH 12</b>	530,43	1,39	1,8	10,35	0,5	0,18
<b>Isuzu NKR 150</b>	2421,97	6,35	0,66	23,9	0,09	0,15

Marca	2009					
	Consumo [L]	CO2 [Ton]	CO [kg]	NOx [kg]	VOC [kg]	PM [kg]
<b>Renault S 135.07</b>	1254,2	32,86	31,82	199,81	9,22	3,57
<b>Mitsubishi Canter (FE 649F4SL)</b>	7516,38	19,69	21,94	105,51	5,02	2,18
<b>Volvo F 10-49</b>	4542,56	11,9	29,28	106,48	12,84	4,62
<b>Mercedes C 200 CDI</b>	2682,81	7,03	0,83	23,68	0,45	1,22
<b>BMW 318 tds</b>	1119,97	2,93	3,1	10,05	0,45	1,32
<b>Mitsubishi Canter (FH100HSL)</b>	4610,56	12,08	20,71	102,05	7,62	4,08
<b>Renault HM 150</b>	6125,65	16,05	27,41	116,17	6,08	2,56
<b>Citroën Berlingo</b>	1799,49	4,71	0,64	14,87	0,22	0,73
<b>Renault M 180.12 C</b>	5247,46	13,75	15,68	103,22	3,96	1,73
<b>Mercedes 1114 K/31</b>	281,46	0,74	0,99	4,83	0,37	0,2
<b>Mercedes C 220 CDI</b>	651,24	1,71	0,23	6,59	0,12	0,34
<b>Mercedes 814 D</b>	10788,92	28,27	38,47	239,3	11,24	4,3
<b>Mitsubishi Canter (FE 659F6SL)</b>	8646,22	22,65	1,73	64,91	0,24	0,39
<b>Mitsubishi Canter (FE659H6SL)</b>	5821,22	15,25	16,84	114,65	4,5	1,95
<b>Isuzu NKR 150</b>	472,42	1,24	0,12	4,71	0,02	0,03
<b>Audi A4 1.9 Tdi</b>	1520,25	3,98	0,58	16,61	0,24	0,85
<b>Isuzu NKR 150</b>	14314,45	37,5	3,71	142,71	0,5	0,82
<b>Iveco 35 C 11 V</b>	492,5	1,29	1,78	13,4	0,41	0,22
<b>Volvo FH 12</b>	1783,49	4,67	6,04	34,8	1,68	0,61
<b>Isuzu NKR 150</b>	10049,02	26,33	2,74	99,33	0,39	0,62
<b>Isuzu NKR 69</b>	5404,16	14,16	15,57	107,71	4,09	1,82

**A.5 – Resultados obtidos através da opção “Análise da Frota” para os anos de 2006 a 2009.**

	Carga 0%/ Declive 0%						
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	57255,8	179,65	420,26	1779,59	191,72	70,09
2007	598322	53216,83	166,97	277,54	1563,85	96,1	42,74
2008	583737	49394,15	154,98	205,33	1351,83	65,31	28,92
2009	657358	53122,96	166,68	207,49	1392,63	67,38	30,73

	Carga 0%/ Declive 2%						
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	77721,23	243,86	494,01	2485	204,26	82,16
2007	598322	73253	229,84	380,2	2191,27	102,95	50,81
2008	583737	68367,96	214,51	248,18	1883,62	69,88	35,12
2009	657358	73070,82	229,27	249,31	1942,49	72,01	36,9

	Carga 0%/ Declive 6%						
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	122089,8	383,07	660,32	3965,92	202,69	114,12
2007	598322	116737,3	366,27	447,53	3516,91	111,54	71,18
2008	583737	108731	341,15	330,47	3003,24	73,84	47,66
2009	657358	115740,4	363,15	334,92	3106,3	76,47	50,25



Carga 0%/ Declive -2%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	36373,77	114,13	337,14	1038,95	176,04	57,03
2007	598322	33142,98	103,99	211,74	909,61	84,98	33,44
2008	583737	30764,46	96,53	153,51	791,52	58,1	21,66
2009	657358	33464,01	105	155,84	816,54	59,5	23,53

Carga 0%/ Declive -6%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	11668,66	36,61	104,68	257,83	72,22	28,42
2007	598322	10279,88	32,25	72,17	226,02	35,83	18,98
2008	583737	9211,53	28,9	53,02	196,64	25,24	13,32
2009	657358	10737,23	33,69	54,08	211,26	25,93	14,4

Carga 50%/ Declive 0%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	59870,47	187,85	432,88	1851,61	181,62	71,58
2007	598322	56151,44	176,18	288,12	1635,1	90,6	43,72
2008	583737	49992,22	156,86	199,97	1329,8	58,03	28,02
2009	657358	55176,91	173,12	208,96	1420,47	61,62	30,62

Carga 50%/ Declive 2%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	90731,37	284,68	553,69	2884,97	201,72	90,85
2007	598322	85523,68	268,34	371,93	2554,35	103,2	56,38
2008	583737	79363,55	249,01	275,41	2179,78	69,63	38,36
2009	657358	84843,13	266,2	278,83	2256,43	71,7	40,46

Carga 50%/ Declive 6%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	152407,3	478,19	845,59	4859,32	208,88	141,12
2007	598322	146193,2	458,69	546,2	4303,75	122,57	87,36
2008	583737	135359,6	424,7	383,91	3613,49	81,01	56,43
2009	657358	143961,2	451,69	392,02	3763,16	84,11	59,82

Carga 50%/ Declive -2%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	35252,65	110,61	311,9	996,93	161,87	54,5
2007	598322	32116,99	100,77	197,72	874,04	77,56	32,07
2008	583737	29867,19	93,71	144,43	757,66	53,18	20,87
2009	657358	32519,46	102,03	146,39	784,54	54,33	22,68

Carga 50%/ Declive -6%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	11045,32	34,66	100,67	240,17	67,43	27,3
2007	598322	9722,99	30,51	69,13	210,63	34,24	18,7
2008	583737	8656,01	27,16	50,87	182,68	24,31	13,16
2009	657358	10148,85	31,84	51,85	197,25	24,92	14,23

Carga 100%/ Declive 0%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	67700,76	212,42	489,65	2117,52	181,01	77,62
2007	598322	63490,77	199,21	333,02	1869,67	92,06	47,98
2008	583737	58590,65	183,83	244,41	1599,37	62,44	32,14
2009	657358	62974,01	197,59	247,86	1657,14	64,4	34,22

Carga 100%/ Declive 2%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	103653,9	325,22	621,21	3280,7	202	101,07
2007	598322	98277,9	308,36	422,52	2900,39	105,91	63,69
2008	583737	90818,58	284,95	305,82	2459,8	71,11	42,43
2009	657358	97126,01	304,74	311,9	2551,97	73,32	44,97

Carga 100%/ Declive 6%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	184252,1	578,11	1012,17	5681,83	247,74	169,84
2007	598322	173948,2	545,78	624,72	4975,59	137,06	104
2008	583737	160099,3	502,33	419,46	4154,97	91,59	64,24
2009	657358	170338,7	534,45	440,88	4338,03	93,99	69,09

Carga 100%/ Declive -2%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	34884,92	109,45	300,53	977,74	150,44	52,39
2007	598322	31938,14	100,21	193,44	868,41	72,22	31,42
2008	583737	29568,4	92,77	141,93	750,04	49,58	20,75
2009	657358	32296,29	101,33	144,11	778,62	50,65	22,49

Carga 100%/ Declive -6%							
	<b>Quilómetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>CO2</b> [ton]	<b>CO</b> [kg]	<b>NOx</b> [kg]	<b>VOC</b> [kg]	<b>PM</b> [kg]
2006	617537	10847,34	34,03	98,75	234,27	65,01	26,89
2007	598322	9549,4	29,96	69,1	205,49	33,08	18,58
2008	583737	8482,82	26,62	51,04	178,07	23,51	13,15
2009	657358	9965,55	31,27	51,97	192,68	24,12	14,18